21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高等院校**大机械系列**实用规划教材

汽 车 系 列



汽车故障诊断与检测技术

主 编 刘占峰 林丽华



21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

汽车故障诊断与检测技术

主　编　刘占峰　林丽华
参　编　宋　力　高志鹰
　　　　吉　平



内 容 简 介

本书共分为7章，以汽车在不解体情况下的性能检测与故障诊断为主，分别介绍了汽车检测与诊断基础、汽车检测站、发动机检测与诊断、汽车底盘检测与诊断、汽车综合性能检测、汽车电源系统和起动系统故障诊断、汽车巡航控制系统和安全气囊系统故障诊断。章末附有小结和习题。

本书可作为高等院校交通运输、汽车服务工程等汽车类专业本科教材，高职高专层次也可选用，还可作为汽车运输企业、汽车维修企业、汽车检测站的技术与管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车故障诊断与检测技术/刘占峰，林丽华主编．—北京：北京大学出版社，2008.8
(21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列)
ISBN 978-7-301-13634-8

Ⅰ．汽…　Ⅱ．①刘…②林…　Ⅲ．①汽车—故障诊断—高等学校—教材②汽车—故障检测—高等学校—教材　Ⅳ．U472.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第051245号

书　　　名：汽车故障诊断与检测技术
著作责任者：刘占峰　林丽华　主编
责 任 编 辑：童君鑫
标 准 书 号：ISBN 978-7-301-13634-8/TH·0096
出　版　者：北京大学出版社
地　　　址：北京市海淀区成府路205号　100871
网　　　址：http://www.pup.cn　http://www.pup6.com
电　　　话：邮购部62752015　发行部62750672　编辑部62750667　出版部62754962
电 子 邮 箱：pup_6@163.com
印　刷　者：
发　行　者：北京大学出版社
经　销　者：新华书店
787毫米×1092毫米　16开本　20.75印张　480千字
2008年8月第1版　2008年8月第1次印刷
定　　　价：34.00元

前　　言

随着我国汽车工业的快速发展，汽车的社会保有量不断增多，汽车及其相关产业的人才需求量将大幅度增长。汽车的使用可靠性与汽车维修密切相关，通过适时、适当的维修，可以节约人力和物质资源，提高汽车的使用效益和社会效益，保证汽车的行驶安全，而汽车检测与诊断的结果正是汽车维修的依据。本书系统、深入地阐述了汽车性能检测和故障诊断的方法，同时以现代化测试手段贯穿全书章节，达到培养面向生产、管理和服务第一线的高素质应用人才的目的，推动汽车工业的不断发展。

随着汽车工业的技术进步，汽车新结构、新材料、新工艺，特别是计算机技术和电子技术在汽车上得到了广泛应用；同时，汽车检测诊断的标准也陆续得以修订。与之相适应，近年来汽车检测与诊断技术也得到了快速发展。本书在基本知识与基本理论、检测设备的结构与工作原理、检测诊断方法等内容上加强了针对性和应用性，理论联系实际，力求把传授知识和培养实践能力结合起来。

本书由内蒙古工业大学能源与动力工程学院刘占峰和林丽华担任主编。其中，第 1 章由刘占峰、林丽华编写，第 2 章由宋力、林丽华编写，第 3 章由高志鹰、宋力编写，第 4 章由刘占峰编写，第 5 章由吉平编写，第 6 章和第 7 章由林丽华编写。

本书建议授课学时为 60 学时，各章的参考教学学时见下表。

章　　次	建议学时	章　　次	建议学时
第 1 章　汽车检测与诊断基础	4	第 5 章　汽车综合性能检测	12
第 2 章　汽车检测站	4	第 6 章　汽车电源系统和起动系统故障诊断	4
第 3 章　发动机检测与诊断	16	第 7 章　汽车巡航控制系统和安全气囊系统故障诊断	4
第 4 章　汽车底盘检测与诊断	16		

在本书的编写过程中，呼和浩特市汽车检测站王宪高级工程师、巴彦淖尔市汽车检测站宋子君高级工程师提供了大量资料，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者给予批评指正。

2008 年 5 月

目　　录

第 1 章　汽车检测与诊断基础

教学提示：汽车检测诊断是确定汽车技术状况、寻找故障原因的技术手段，检测诊断的结果是合理使用汽车和维护、修理工作的科学依据。本章所介绍的基本概念、汽车故障及其主要类型、汽车诊断分析方法、诊断参数、诊断标准、诊断周期和检测系统都是汽车检测诊断技术的基础。

教学要求：本章重点是让学生了解汽车检测与诊断技术的方法与特点、目的、意义以及发展概况；理解汽车检测诊断常用的术语以及汽车故障及其诊断的分析方法；掌握汽车检测与诊断的基础知识和基础理论，特别是诊断参数、诊断参数标准和诊断周期的概念及其选择和确定方法。

汽车在使用过程中，随着行驶里程的增加，其技术状况会逐渐变差，出现使用可靠性下降、故障率上升等不良现象；汽车检测与诊断是确定汽车技术状况、寻找故障原因的技术手段，检测诊断结果是合理使用汽车和维护、修理工作的科学依据。可以说汽车诊断与检测技术是汽车工业不可缺少的重要组成部分。

1.1　汽车检测与诊断技术概述

汽车诊断与检测技术包括汽车诊断技术和汽车检测技术。汽车诊断主要是针对汽车故障而言，汽车检测主要是针对汽车使用性能而言。

1.1.1　基本概念及术语

汽车诊断是在汽车不解体(或仅卸下个别零、部件)的条件下，为确定汽车技术状况或查明故障部位、原因所进行的检查、分析、判断工作。

汽车诊断工作中常涉及以下术语。

(1) 汽车技术状况。定量测得的表征某一时刻汽车外观和性能的参数值的总和。

(2) 汽车故障。汽车部分或完全丧失工作能力的现象。

(3) 故障现象。故障的具体表现。

(4) 故障树。表示故障因果关系的分析图。

(5) 故障率。使用到某行程的汽车，在该行程之后单位行程内发生故障的概率。

(6) 诊断参数。供诊断用的，表征汽车、总成及机构技术状况的参数。

(7) 诊断标准。对汽车诊断的方法、技术要求和限值等的统一规定。

(8) 诊断周期。汽车诊断的间隔期。

(9) 汽车检测。确定汽车技术状况或工作能力的检查。

(10) 汽车检测站。从事汽车检测的事业性或企业性机构。

1.1.2 汽车检测与诊断的意义、目的和类型

1. 汽车检测与诊断技术的意义

汽车检测与诊断技术具有极其重要的现实意义。

(1) 汽车检测与诊断技术是改革汽车维修制度、实行视情维修的必要手段。

传统的汽车维修方式是采用“事后修理”和定期强制维护。事后修理是在汽车出现了故障后进行的修理，这种方式隐含着对人身安全的威胁和造成重大机械事故的危机。定期强制维护具有一定的盲目性，往往会造成扩大作业范围、破坏配合特性的不良现象。在汽车检测诊断技术水平十分低下的条件下，这两种维修方式是可行的。随着汽车设计水平的提高和制造工艺的改进，汽车使用寿命已大大延长，传统的维修方式已不能适应目前的形势。目前，“视情维修”制度得到广泛采用，它能最大限度地发挥零件的使用潜力，减少不必要的拆卸，大大地提高了机器的可靠性和使用经济效益。显然，如果没有一定的检测诊断技术，要实现视情维修是不可能的。

我国交通部在《汽车运输业车辆技术管理规定》中指出：“车辆修理应贯彻视情修理的原则，即根据车辆检测诊断和鉴定的结果视情按不同的作业范围和深度进行，既要防止拖延修理造成车况恶化，又要防止提前修理造成的浪费。”“各地交通运输管理部门和运输单位应积极推广检测诊断技术。”

(2) 发展汽车检测与诊断技术是提高维修效率、监督维修质量的迫切需要。

随着汽车工业的发展，汽车保有量迅猛增长。目前，我国汽车年产量已达到900多万辆。汽车保有量的增加，使得维修任务相应加大；从另一方面来看，汽车结构日益复杂，电子控制技术和液压控制技术在汽车上的应用不断增多，单纯凭经验进行汽车维修已不能满足现代汽车技术要求。车辆结构的复杂化，也使故障诊断的地位越来越重要。

在车辆技术保障中，汽车检测与诊断是一个重要的环节。没有检测诊断技术，车辆的技术状况就不能迅速地恢复，车辆维修保障体制就只会停留在传统的维修方式上。另外，利用汽车检测技术，也可以对汽车维修质量的优劣进行迅速、准确地评价。

(3) 加强汽车安全环保检测，是保证行车安全和减少排放污染的有效手段。

随着机动车保有量的逐年增加，公路交通事故和对环境的污染已成为越来越不可忽视的社会问题。据统计，2007年我国共发生道路交通事故32.72万起，造成约8.2万人死亡、38万人受伤，直接财产损失12亿元；城市环境空气的污染主要来自机动车的尾气排放。

我国相关法律法规规定，在用机动车必须定期到公安部门委托的机动车辆安全技术检测站进行安全环保检测。通过检测可以对机动车的技术状况做出准确的判断，发现问题及时维修，保证行车安全和减少排放污染。

2. 检测与诊断的目的

汽车检测与诊断有两个不同的目的。一是对显现出故障的汽车，通过检测与诊断查找故障的确切部位和发生的原因，从而确定排除故障的方法；二是对汽车技术状况进行全面检查，确定汽车技术状况是否满足有关技术标准的要求及与标准相差的程度，以决定汽车是否能继续行驶或采取何种措施延长汽车的使用寿命。

对汽车运行中故障的检测与诊断和汽车维修前及维修过程中的检测与诊断，属于前一

种检测与诊断；汽车维修作业后的竣工检验和定期或不定期进行的安全性能检测与诊断、综合性能检测与诊断，则属于后一种检测与诊断。

3. 检测与诊断的类型

根据检测与诊断的目的，汽车检测与诊断可分为以下类型。

1）安全环保检测

对汽车实行定期和不定期的安全环保检测与诊断，其目的在于确保汽车具有符合要求的外观、良好的安全性能和符合污染物排放标准的排放性能，以强化汽车的安全管理。

2）综合性能检测

对汽车实行定期和不定期的综合性能检测与诊断，其目的是在汽车不解体的情况下，确定运输车辆的工作能力和技术状况，对维修车辆实行质量监督，以保证运输车辆的安全运行，提高运输效能及降低消耗，使运输车辆具有良好的经济效益和社会效益。

3）与维修有关的汽车检测与诊断

根据交通部《汽车运输业车辆技术管理规定》的要求，汽车定期检测与诊断应结合维护定期进行，以此确定维护附加项目，掌握汽车技术状况变化规律；通过对汽车的检测诊断和技术鉴定，确定汽车是否需要大修，以实行视情修理；在汽车维修过程中，利用设置在某些工位上的诊断设备，可使检测与诊断和调整、维修交叉进行，以提高维修质量；对完成维护或修理的车辆进行性能检测与诊断，并对维修质量进行检验。

1.1.3　汽车诊断的方法及特点

汽车诊断是由检查、分析、判断等一系列活动完成的。从完成这些活动的方式看，汽车诊断主要有两种基本方法：一是传统的人工经验诊断法；二是利用现代仪器设备诊断法。

1. 人工经验诊断法

人工经验诊断法是通过路试和对汽车或总成工作情况的观察，凭借诊断人员丰富的实践经验和一定的理论知识，利用简单工具以及眼看、手摸、耳听等手段，边检查、边试验、边分析，进而对汽车技术状况进行定性分析或对故障部位和原因进行判断的诊断方法。这种方法具有不需要专用仪器设备可随时随地应用，具有投资少、见效快等优点。但是，该方法也有诊断速度慢、准确性差、不能进行定量分析以及要求诊断者具有丰富的实践经验和较高的技术水平等缺点。

2. 现代仪器设备诊断法

现代仪器设备诊断法是在人工经验诊断法的基础上发展起来的诊断方法。该方法可在汽车不解体的情况下，利用建立在机械、电子、流体、振动、声学、光学等技术基础上的专用仪器设备，对汽车、总成或机构进行测试，并通过对诊断参数测试值、变化特性曲线、波形等的分析判断，定量确定汽车的技术状况。采用微机控制的专用仪器设备能够自动分析、判断、打印诊断结果。现代仪器设备诊断法的优点是诊断速度快、准确性高、能定量分析；缺点是投资大、需占用固定厂房等。

本书主要介绍利用仪器设备对汽车进行检测诊断的技术和方法。

1.1.4 汽车检测与诊断技术的发展概况

初期的汽车检测诊断技术是以人工经验诊断法为主的，仪器设备诊断法则是在传统的人工经验诊断法的基础上发展起来的。而有些诊断设备就是沿着人工经验诊断的思路研制开发的，即使先进的汽车专家诊断系统，也是把人脑的分析、判断通过计算机语言转化成电脑的分析判断。在汽车检测诊断技术的发展过程中，两种基本诊断方法并不是相互独立的，而是相辅相成的。

随着社会的发展、技术的进步，仪器设备诊断在汽车诊断技术中从无到有，所占比重越来越大，并经历了从低级到高级的发展过程。

首先，一些简单的测试仪表，如转速表、气压表、真空表、电压表、电流表等，被应用到了汽车诊断工作中，其测试结果被作为人工经验诊断的依据，使汽车诊断从“耳听、手摸”的定性阶段逐步向定量阶段过渡。

专用诊断设备的问世是仪器设备诊断的第二个发展阶段。电子技术的进步，特别是电子计算机的出现及其在专用诊断设备上的应用，对汽车诊断技术产生了重大影响。在上述技术背景下，诊断设备由单机发展为配套，由单功能发展为多功能，由手工操纵发展为自动控制，并逐步开发出实用的汽车诊断专家系统。目前已研制出来并投入使用的汽车诊断设备中，用于发动机诊断的主要有发动机无负荷测功仪、发动机综合测试仪、电子示波器、点火正时仪、废气分析仪、发动机异响诊断仪、机油快速分析仪、铁谱分析仪、油耗计、气缸漏气检测仪等；用于底盘诊断的主要有制动试验台、侧滑试验台、转向轮定位仪、车速表试验台、灯光检验仪、底盘测功机、车轮动平衡机等。

汽车诊断技术也是随着汽车技术的进步和汽车运行条件的改善而不断发展的。随着汽车工业的发展，汽车结构越来越复杂，电子化程度越来越高，电子控制燃油喷射系统、电子控制汽车防抱死制动系统、自动变速器等新结构在汽车的应用已日趋普遍；高速公路建设对汽车的使用性能，特别是对高速行驶下的安全性能提出了更高的要求。这些情况使得人工经验诊断法难以适应，同时提出了开发新型汽车诊断设备的客观需求。

在科学技术高速发展的今天，人类越来越重视自身安全的保障和自然界的生态平衡，可持续发展受到广泛关注。今后汽车诊断设备的发展将集中在汽车安全性能、排放性能和汽车新结构的诊断方面，并向多功能综合式和自动化方向发展。同时，测试仪表也将向更加精密和小型化发展，并能随车装设在工作过程中进行显示。

虽然汽车诊断技术发展很快，但目前的诊断仪器设备还只能诊断汽车的部分性能和故障，对某些总成如离合器、变速器、差速器、主传动等的故障诊断，目前还缺乏方便、实用的仪器设备可供利用；汽车的外观检查，如车体是否周正，车身和驾驶室钣金件是否开裂、变形，油漆是否脱落、锈蚀，甚至一些能引起重大事故的部位的缺陷，如转向横拉杆、直拉杆球头松旷，传动轴和车轮螺栓松动等，都离不开人工经验检查。可见，人工经验诊断法虽有一定的缺点，但在某些方面仍是仪器设备诊断所不能代替的。

1.2 汽车故障及诊断分析方法

在汽车使用过程中，由于汽车本身缺陷和外界运用条件等多种因素的影响，汽车技术

状况不断发生变化。随着汽车行驶里程的增加，故障率将增大，汽车诊断的目的是为了确定汽车技术状况，查找故障或者异常，并在此基础上，通过及时维护和修理，保障汽车安全、经济、可靠地工作。因此，汽车诊断的基础之一是对引起汽车技术状况变化及其故障的主要原因有所了解，并掌握科学的诊断分析方法。

1.2.1　汽车故障及其主要类型

汽车某装置或机构发生故障是指其功能的丧失或性能的降低。例如，发动机轴瓦烧损和拉缸属于功能立即丧失的破坏性故障，而汽车制动距离超标则属于性能降低的故障。

从其存在形式和发生过程分析，汽车故障具有多种类型。

1. 按照故障存在时间可分为间断性故障和永久性故障

顾名思义，间断性故障只是在引发其发生的原因短期存在的条件下才显现，而永久性故障则只有在更换某些零、部件后才能使其得以排除。例如，供油系气阻使供油中断而造成的功能丧失为间断性故障。气阻由于供油系温度过高而产生，冷却后气阻自然消失，供油功能就得以恢复；发动机拉缸造成的功能丧失则须在更换缸套、活塞、活塞环并排除引起拉缸的原因后才能恢复，属于永久性故障。

2. 按照故障发生快慢可分为突发性故障和渐发性故障

突发性故障是指发生前无任何征兆的故障，一般不能通过诊断来预测，其特点是故障的发生有偶然性；渐发性故障则是由于零件磨损、疲劳、变形、腐蚀、老化等原因使技术状况劣化而引起的，常对应有一个逐渐发展的过程，能够通过早期诊断来预测。例如，车轮掉入坑中使钢板弹簧折断具有突发性质，而由于气缸磨损引起的敲缸则是渐发的。

3. 按照故障是否显现可分为功能故障和潜在故障

导致功能丧失或性能降低的故障为功能故障；正在逐渐发展但尚未对功能产生影响的故障属潜在故障。例如，汽车前轴和传动轴裂纹，当未扩展到极限程度时，为潜在故障。值得重视的是，潜在故障一旦对功能产生影响，常常具有突发性质，可见对汽车的安全行驶极其不利。

诊断技术面对的主要是渐发性、永久性的功能故障或潜在故障。

1.2.2　汽车故障的形成

汽车故障形成的内因是零件失效，外因是运行条件。在汽车运行过程中，汽车的零部件之间，工作介质、燃油及燃烧产物与相应零部件之间，均存在相互作用，从而引起零部件受力、发热、变形、磨损、腐蚀等，使汽车在整个使用寿命期内，故障率由低到高，技术状况由好变坏，外界环境(如道路、气候、季节等)和使用强度(如车速、载荷等)通过对上述相互作用过程的影响而成为汽车故障发生和技术状况变化的重要因素。

1. 磨损

磨损是汽车零件损坏的主要原因，也是汽车故障形成和技术状况变化的主要原因。

磨损是指由于摩擦而使零件表面物质不断损失的现象，是摩擦副相互作用——摩擦的结果。根据表面物质损失的机理，磨损分为以下 5 类。

1）磨料磨损

物质表面与硬质微粒或硬质凸出物(包括硬金属)相互摩擦引起表面材料损失的现象称为磨料磨损。磨料磨损是最常见的，同时也是危害最为严重的磨损形式。微粒通常是坚硬、锐利的颗粒物质。当其存在于相互运动着的摩擦表面时，可研磨并刮伤摩擦表面，破坏润滑油膜，从而使零件磨损速度加快。

磨料主要是来自外界空气中的尘土、油料中的杂质、零件表面的磨屑及燃烧积炭。为此，避免油料(燃油、润滑油)污染，保持“三滤”(空气滤清器、机油滤清器、燃油滤清器)技术状况良好，可大大减小磨料磨损。

易于发生磨料磨损的部位主要有气缸壁、曲轴颈、凸轮轴凸轮表面、气门挺杆等。

2）粘着磨损

摩擦副相对运动时，由于固相焊合作用的结果，造成接触面金属损耗的现象称为粘着磨损。粘着磨损是相互作用的摩擦副间产生表面物质焊合、剪断和转移的磨损，干摩擦和在润滑不良条件下工作的滑动摩擦副容易产生粘着磨损，严重时会使摩擦副咬死而停止运动。

粘着磨损易发生在承受载荷大、滑动速度高、润滑条件差的摩擦表面。此时，摩擦副间产生大量热，使表面温度升高并形成局部热点，而塑性变形增大，材料强度降低又使得摩擦副间的润滑油膜遭到破坏，从而进一步加剧了摩擦过程，使表面温度进一步上升。如此逐渐恶化，最终形成局部热点间的“点焊”现象。“点焊”部位由于相互运动再被撕开，从而形成表面物质的撕脱和从一个摩擦表面到另一个摩擦表面的转移。

粘着磨损是破坏性极强的磨损，粘着磨损一旦发生，便能在很短时间内对零件表面造成严重损坏，从而使相应机构的功能立即丧失。在汽车零件中，产生粘着磨损的典型实例是“拉缸”和“烧瓦”。汽车主传动器缺少润滑油时，其锥齿轮也很容易产生粘着磨损。

在汽车使用过程中，应注意避免粘着磨损的发生。粘着磨损的产生除与零件材料的塑性和配合表面的粗糙度有关外，还与工作条件(如工作温度、压力、摩擦速度)和润滑条件有关。为此，在汽车工作过程中，要设法改善上述条件特别是润滑条件，防止粘着磨损的发生。

3）表面疲劳磨损

两个接触表面在交变接触压应力的作用下，材料表面因疲劳而产生物质损失的现象称为表面疲劳磨损。在交变载荷作用下，摩擦表面产生塑性变形和裂纹并逐渐积累、扩展，润滑油渗入裂纹，而在交变压力下产生的楔入作用进一步加剧了裂纹形成过程，使之加深、扩展，从而导致表面材料剥落。

汽车上的齿轮、滚动轴承、凸轮等，在经过一定使用时间后，摩擦面所产生的麻点或凹坑均是表面疲劳磨损的典型例子。

4）腐蚀磨损

零件表面在摩擦过程中，其表面金属与周围介质发生化学或电化学反应而出现物质损失的现象称为腐蚀磨损。腐蚀磨损是腐蚀和摩擦共同作用的结果。其表现的状态与介质的性质、介质作用在摩擦表面上的状态以及摩擦材料的性能有关。

在腐蚀介质作用下，零件表面产生腐蚀产物。由于摩擦的存在，腐蚀产物被磨掉，腐蚀介质又接触到未被腐蚀的金属，再次产生新的腐蚀产物，从而使腐蚀向深处发展。腐蚀产物的不断生成和磨去，使摩擦表面产生了物质损失。实际上，任何摩擦副都存在腐蚀磨损，其磨损速度主要受腐蚀介质的影响。钢在不同腐蚀介质中的腐蚀磨损速度如图 1.1 所示。

5）微动磨损

两个接触表面间没有宏观相对运动，但在外界变动负荷影响下，由小振幅(一般小于 100μm)的相对运动，使接触表面产生大量的微小氧化物磨损粉末，从而造成的磨损成为微动磨损。微动磨损是一种复合形式的磨损，是粘着磨损、氧化磨损、磨料磨损 3 种磨损形式的组合，微小振幅和氧化作用是促进微动磨损的主要因素。影响微动磨损的因素有材料的性能、滑动距离、载荷、振动频率和振幅等。

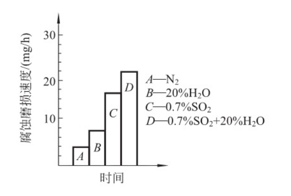


图 1.1　钢在不同腐蚀介质中的腐蚀磨损速度

通常在静配合的轴与孔表面，某些片式摩擦离合器内外摩擦片的接合面上，以及一些受振动影响的联接件(如花键、销、螺钉)的接合面上都可能出现微动磨损。微动磨损造成摩擦表面有较集中的小凹坑，使配合精度降低。更严重的是在微动磨损处引起应力集中，导致零件疲劳断裂。

2. 变形和断裂

零件尺寸和形状改变的现象称为变形。断裂则指零件的完全破裂。变形和断裂均是零件的应力超过材料极限应力的结果。超过屈服点，零件产生永久变形；超过强度极限，零件则发生断裂。

零件变形，特别是基础件变形，改变了与相关零件的配合关系，对机构的功能有很大影响。试验表明，由于发动机缸体变形使气缸轴线对曲轴轴线的垂直度在 200mm 长度上从 0.05mm 增加到 0.18mm 时，气缸磨损增大 30%。断裂则导致功能的丧失。

1）变形

从零件应力的来源看，产生变形的原因有工作应力、内应力和温度应力。

零件承受外载荷时，在零件内产生工作应力。在汽车上，有许多形状复杂、厚薄不一的铸件或焊接件。这些零件在加工过程中，常会产生较大内应力，虽然经过人工时效除去了大部分内应力，但仍有部分内应力残存下来。如薄厚不同的铸件冷却时，外层冷却快，中心部分冷却慢。这样在外层冷却收缩后，中心部分再冷却收缩时，便会产生拉应力。在厚薄不匀的接触面处，薄的部分冷却快，而厚的部分冷却慢。这样，在薄壁处冷却收缩后，较厚部分再冷却收缩时，接触面处就会产生压应力。温度应力由于零件受热不匀、温差大而产生。温度高的区域热膨胀大，温度低的区域热膨胀小，从而在温差大的区域，因膨胀变形量不同而产生拉应力。

温度差不仅产生温度应力，还可能引起变形，同时温度过高还会使材料的屈服点降低，使零件的永久性变形易于发生。如图 1.2 所示为碳钢的屈服点随温度而变化的情况。图中，w_C 为碳钢中碳的质量分数。

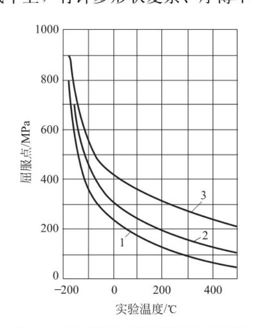


图 1.2　碳钢屈服点随温度而变化的情况

1—w_C=0.04%；2—w_C=0.12%；3—w_C=0.5%

以上各种应力叠加，当超过材料的屈服点时，便会导致零件变形。

2）断裂

断裂也是在应力作用下产生的。按产生应力的载荷性质分类，断裂可分为一次加载断裂和疲劳断裂。

一次加载断裂是指零件在一次静载荷或动载荷作用下发生的断裂。载荷过大时，零件内产生的工作应力过大，若与其他形式的应力叠加后超过了材料的强度极限，便可导致零件断裂。

实际上，在汽车正常使用时，其零、部件发生一次加载断裂的情况很少。汽车超载过多及遇到过大的行驶阻力或动载荷时，一次加载断裂可能发生。例如，车轮掉入坑中，钢板弹簧折断，汽车突然碰撞障碍物，传动系统零、部件受到阶跃载荷而断裂等。

疲劳断裂是在交变载荷作用下，经历反复多次应力循环后发生的断裂。汽车零件的断裂故障中，60％～80％属于疲劳断裂。

疲劳断裂发生在应力低于屈服强度的情况下，断裂前一般不产生明显塑性变形。断裂是在交变应力产生的疲劳裂纹积累、扩展到一定程度后突然发生的。首先，在交变应力作用下，零件表面出现疲劳裂纹。这些裂纹通常出现在存在材料缺陷或应力集中的区域。裂纹在应力反复作用下逐渐加深和扩展，使零件强度大大降低。当受到较大载荷时，零件就会突然断裂。

汽车前轮转向节轴颈根部较易发生疲劳断裂。由于断裂前疲劳裂纹经历了较长时期的积累和发展过程，因此可采用无损探伤技术早期发现裂纹，从而避免因断裂而引发的事故。

3. 蚀损

蚀损是指在周围介质作用下产生表面物质损失或损坏的现象。按发生机理的不同，其可分为腐蚀、气蚀和浸蚀。

1）腐蚀

腐蚀是指零件在腐蚀性物质作用下而损坏的现象。汽车上较易产生腐蚀破坏的零、部件有燃油供给系和冷却系的管道及车身、驾驶室、车架等裸露的金属件等。

2）气蚀

气蚀又称为穴蚀，是指在压力波和腐蚀共同作用下产生的破坏现象。气蚀经常发生在与液体接触并有相对运动的零件表面，如：湿式气缸套外壁、水泵叶轮表面等。

液体中一般溶有一定的气体，当压力降低时，便会以气泡形式析出；若液体中某些部分的压力低于液体在当时温度下的饱和蒸气压，液体也会蒸发形成气泡。压力升高后，气泡破裂产生压力波，不断冲击与其相接触的金属零件表面氧化膜并使其破坏，促使液体对金属表面的腐蚀逐步向深层发展而形成穴坑。发动机工作时，活塞上下敲击气缸壁产生振动。当缸壁外表面因振动稍离开冷却液时，缸壁外表面处压力降低，于是低压区液体蒸发产生气泡，并向缸壁外表面低压区集中；压力再次升高后，气泡在靠近缸壁处崩破，产生的压力波冲击缸壁外表面的氧化膜，使其遭到破坏。如此循环往复，氧化膜不断生成又不断被破坏，使腐蚀得以发展而在缸壁外表面形成许多麻点状的直径为 0.2～1.2mm 的穴坑。气蚀严重时，零件表面可呈泡沫海绵状，直至穿透。图 1.3 所示为被气蚀后的柴油机缸筒外壁。

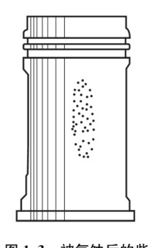


图 1.3　被气蚀后的柴油机缸筒外壁

3）浸蚀

由于高速液流对零件的冲刷导致其表面物质损失或损坏的现象称为浸蚀。易发生浸蚀的零、部件有气门、化油器喉管等。

在高速液流冲刷下，零件表面的氧化膜被破坏，继而重新产生，如此周而复始，导致冲刷表面产生麻点、条纹或凹坑，使零件损坏。

4．其他

除以上原因外，老化、失调、烧蚀、沉积等也是汽车某些零、部件发生故障的重要原因。

老化是指零件由于材料受物理、化学和温度变化影响而逐渐损坏或变质的故障形式。老化常发生于汽车上的非金属零件，如轮胎、油封、膜片等；电器元件，如电容器、晶体管等，可使其破损、断裂或失去应有功能。

失调是指某些可调元件或调整间隙由于调整不当，或在使用中偏离标准值而引起相应机构功能降低或丧失的故障形式。如怠速调整螺钉松动可使怠速供油量过大，从而使怠速排放污染物 CO、HC 超标。

零、部件在强电流、强火花作用下会发生烧蚀，其正常工作性能将降低或丧失。易发生烧蚀的汽车零、部件有：发动机分电器白金触点，火花塞电极，各种照明灯泡和电子元件等。

磨屑、尘土、积炭、油料结胶和水垢等沉积在某些零件工作表面，可引起其工作能力降低或丧失，如空气滤清器、机油滤清器堵塞，燃烧室积炭，气缸盖、气缸体和水箱冷却水道中积有水垢等。

1.2.3 汽车技术状况的变化规律

汽车在使用过程中，随着行驶里程增加，其技术状况逐渐变坏，致使汽车的动力性下降、经济性变坏、可靠性降低。

如上所述，引起汽车故障和技术状况变化的因素有多种。在正常使用情况下，零件磨损是导致汽车技术状况变坏、产生故障以至失去工作能力的主要因素。如果能够掌握零件磨损规律，适时维护修理，就可以降低磨损速率，保持汽车技术状况良好，延长汽车使用寿命。

图 1.4 所示为正常使用情况下汽车零件的典型磨损曲线。磨损过程可分为 3 个阶段，L_1 为初期磨损或走合期磨损阶段，因零件表面的微观不平、几何形状偏差和零件的装配误差，而使该阶段磨损速率较大；L_2 为正常工作阶段，零件经磨合形成光滑摩擦表面后，磨损速率大大降低，磨损量随汽车行驶里程增加而缓慢增长；L_3 为磨损量达到极限值后的零件磨损期称为耗损磨损期。此阶段的磨损加剧，故障增加，工作能力急剧下降。若能够注意汽车的合理使用和及时维护修理，可使初期磨损量减小，正常工作阶段的磨损速率下降，磨损量达到极限值时的行驶里程增长，从而也就延长了汽车的使用寿命，如图 1.4 中虚线所示。

与之相类似，汽车运用性能随使用时间或行驶里程的变化曲线如图 1.5 所示。汽车初始性能是在汽车生产制造时确定的，在使用过程中，随着使用时间和行驶里程的增长，汽车使用性能指数规律下降。合理运用和及时维护汽车，可使性能的下降速率减小，从而使

汽车在整个使用期内的平均使用性能得以提高，如图 1.5 中虚线所示。

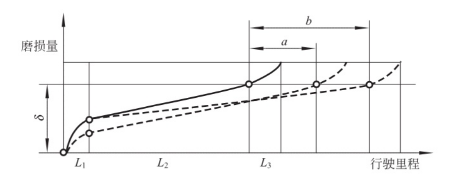


图 1.4　汽车零件的典型磨损曲线

L_1—初期磨损阶段；L_2—正常工作阶段；L_3—耗损磨损期；δ—极限磨损量

对于渐发性故障而言，故障的产生过程是一个损伤逐步积累的过程。在这个过程中，由于磨损、腐蚀、变形、老化等原因，零件的强度降低，理化性能变差，使有关机构的技术状况从正常状况转化为不正常状况。当该机构某项技术性能指标低于许用标准时，该机构则处于故障状态，从汽车投入使用到故障状态所驶过的里程为正常行驶里程。对于主要承受载荷并在其作用下易产生断裂故障的零件，如汽车大梁、汽车前桥、后桥、发动机曲轴及传动系统齿轮(曲轴断裂，齿轮断齿)等，如果零件强度高于外载荷引起的应力，则处于正常工作阶段；若由于受力变形、磨损、裂纹等使零件强度低于外载荷所引起的应力时，便会产生故障，如图 1.6 所示。

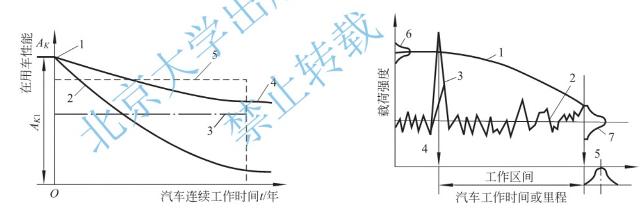


图 1.5　汽车运用性能随使用时间的变化曲线

1—汽车初始性能；2—汽车运用性能随时间变化的曲线；3—汽车实际运用性能；4—汽车合理运用对性能的影响；5—通过合理运用可以提高的实际运用性能

图 1.6　断裂故障产生示意图

1—零件强度；2—外界载荷引起的工作应力；3—非正常阶跃载荷引起的应力；4、5—断裂故障；6—组零件的强度分布；7—外界载荷引起的应力分布

汽车技术诊断的重要目的，是为了确定汽车技术状况是否正常，有无异常或故障，并预期汽车的续驶里程，通过采用汽车合理使用的技术措施，及时维护修理，消除故障隐患或排除已有故障，保证汽车技术状况良好，延长使用寿命。

1.2.4　故障树分析法

汽车是一个由多个不同功能的子系统构成的复杂机电系统。要对其进行技术性能诊断并确定故障所在，除需要先进的诊断设备和手段外，还需要科学有效的诊断分析方法，故障树分析法即是常用的汽车诊断分析方法。

1. 基本概念

故障树分析法(Fault Tree Analysis，FTA)，也称为故障树诊断法。它是一种将系统故障形成的原因由总体至部分按树枝状逐级细化的分析方法，其目的是判明基本故障，确定故障的产生原因、影响因素和发生的概率。

故障树分析法产生于20世纪60年代初期，并首先作为一种可靠性分析技术而用于复杂系统的可靠性分析和设计。目前，该分析方法不仅在工业领域得到应用，也常应用于社会经济管理领域。

故障树分析法用于汽车诊断，是根据汽车的工作特性与技术状况之间的逻辑关系构成的树枝状图形，来对故障发生原因进行定性分析，并能用逻辑代数运算对故障出现的条件和概率进行定量分析。它可对汽车的故障进行预测和诊断，找出其薄弱环节，提前采取技术措施，使汽车的技术状况处于良好状态。

故障树可用于对汽车故障进行分析，用于分析系统组成中除硬件以外的其他所有成分，例如分析维修质量、人员因素的影响。同时，它不仅可以分析由单一因素所引起的故障，而且还可以分析由两个以上零件同时发生故障时才会发生的系统故障。

2. 故障树的建立

关于故障树的建立介绍如下。

1) 常用符号

建立故障树时，常把所研究的故障和引起故障的原因统称为事件，并根据事件的不同性质将其分为要分析的故障事件、暂时不分析和发生概率很小的事件、偶发性非故障事件、基本事件4类。由于汽车的各系统和零、部件之间是相互联系的，因此上述事件之间也是相互关联的。事件间的关系通常有两种：“与”逻辑关系和“或”逻辑关系。常用事件符号和事件间的逻辑关系符号，见表1-1。

表1-1　常用事件符号和事件间的逻辑关系符号

符　　号	名　　称	含　　义
矩形符号	故障事件	包括除基本事件外所有要分析的故障事件和引发故障事件的原因(中间事件)
圆形符号	基本事件	不能再分解的故障事件，表示故障事件发生的基本原因
屋形符号	非故障事件	表示事件是偶尔发生的
菱形符号	省略事件	表示暂时不分析或发生概率极小的事件

（续）

符　号	名　称	含　义
X_1、X_2、…、X_n 与门符号(AND)	“与”逻辑关系	事件 X_1、X_2、…、X_n 同时发生，事件 A 才发生
X_1、X_2、…、X_n 或门符号(OR)	“或”逻辑关系	事件 X_1、X_2、…、X_n 有一个发生，事件 A 就会发生

2）故障树的建立

故障树是把故障作为一种事件，按其故障原因进行逻辑分析的树枝状图形。如图 1.7 所示为对发动机不能起动故障分析的故障树。

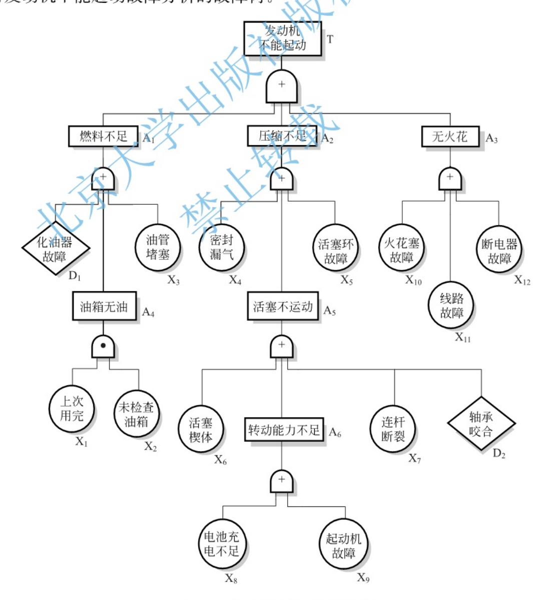


图 1.7　发动机不能起动故障树

建立故障树的步骤如下。

(1) 首先把要分析的故障事件扼要地写在故障树顶端，记为“T”，称为顶事件。

(2) 把与顶事件有直接关系的事件作为第二级事件并写在顶事件下方，记为“A”。

(3) 继续分析还可列出第三级、第四级……直至列出不能再继续分析的基本事件(记为“X”)为止。

(4) 分析过程中暂时不分析的省略事件记为“D”。

(5) 分析事件性质和各级事件间的关系，并用表 1-1 中所示符号表示，就形成了故障树。

在故障树中，每一级事件都是上一级事件的直接原因，同时又是下一级事件的直接结果，上、下级事件之间存在着“或”或者“与”的逻辑关系。

3. 故障树的分析程序及方法

故障树的分析程序及方法介绍如下。

1) 故障树分析程序

在对故障树进行分析时，由于分析系统的不同，故障性质的不同，因此实际分析的步骤会有所差异，一般情况下其分析程序如图 1.8 所示。

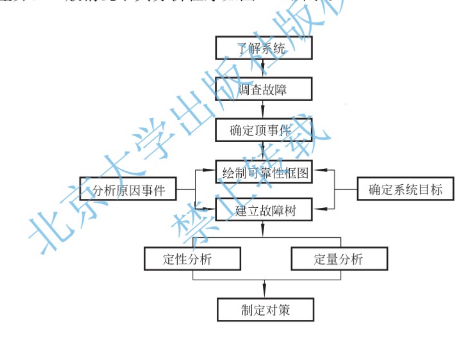


图 1.8　故障树分析程序简图

故障树具体分析程序如下。

(1) 首先绘制可靠性框图。

(2) 建立故障树。建立故障树时首先确定出分析目标，即故障事件作为顶事件；列出系统各层次中有可能导致该顶事件发生的故障原因；得出产生顶事件的各故障的组合。建立故障树时应注意，为了不遗漏可能的故障原因，从一个故障状态到另一个故障状态的逻辑步骤要小。

(3) 根据故障树建立故障概率模型。

(4) 针对每一故障模式，计算其故障概率。

(5) 将各故障概率与规定的允许值比较，并确定出致命的通道。

2）故障树分析方法

(1) 定性分析。故障树定性分析的任务是寻找引起所研究故障事件的基本事件及其影响的路径，此任务可通过分析故障树所表示的故障事件与基本事件的关系得以解决。

(2) 定量分析。故障树定量分析的目的是估计故障事件出现的概率，以评价系统的可靠性。

汽车故障的发生具有随机性，属偶然事件，其发生的可能性大小可用发生概率的大小度量。故障树中的上、下级事件间不是孤立的，而是以“或”或者“与”的逻辑关系相联系的。运用概率论中“和”事件与“积”事件的概率计算公式，则可以根据基本事件的发生概率，逐级推算，直至求出故障事件的发生概率。

若基本事件 X_1、X_2、…、X_n 间相互独立，并已知发生概率 $P(X_i)$，则

“与”事件 $T=X_1\cdot X_2\cdot\cdots\cdot X_n$ 的发生概率为

$$P(T)=\prod_{i=1}^{n}P(X) \tag{1-1}$$

“和”事件 $T=X_1+X_2+\cdots+X_n$ 的发生概率为

$$P(T)=1-\prod_{i=1}^{n}[1-P(X_i)] \tag{1-2}$$

1.3 汽车检测与诊断的基础知识

在汽车检测与诊断作业中，为了获得诊断参数测量值，检测人员要选择合适的测量仪器、仪表、装置或设备等(往往统称为检测设备)组成检测系统，在一定的测量条件和测量方法下，对汽车、总成或机构进行检测、分析和判断。

检测系统的基本组成、智能化检测系统、检测设备的使用维护与故障处理等方面的知识，是从事汽车检测诊断技术工作者必须掌握的基本知识。

1.3.1 检测系统的基本组成

由一般仪器、仪表构成的检测系统通常是由传感器、变换及测量装置、记录与显示装置、数据处理装置及激发装置等组成的，如图 1.9 所示。

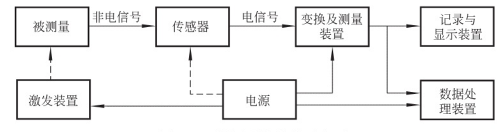


图 1.9 检测系统的基本组成

1. 传感器

传感器是一种能够把被测量(物理量、化学量、生物量等)的某种信息拾取出来，并将其转换成有对应关系的便于测量的电信号的一种装置。传感器是获取信息的手段，在整个检测系统中占有重要位置。由于传感器处于检测系统的输入端，所以其性能直接影响到整

个检测系统的测量准确性和工作可靠性。

汽车检测设备使用的传感器，如果按测量性质分类，可以将传感器分为机械量传感器(如位移传感器、力传感器、速度传感器、加速度传感器等)、热工量传感器(如温度传感器等)、化学量传感器和生物量传感器等类型；如果按传感器输出量的性质分类，可以将传感器分为参量型传感器(输出的是电阻、电感、电容等无源电参量，如电阻式传感器、电感式传感器和电容式传感器等)和发电型传感器(输出的是电压和电流信号，如热电偶传感器、光电传感器、磁电传感器和压电传感器等)等。

2. 变换及测量装置

变换及测量装置是将传感器送来的电信号变换成易于测量的电压或电流信号的一种装置。这类装置通常包括电桥电路、调制电路、解调电路、阻抗匹配电路、放大电路、运算电路等，能对传感器信号进行放大，对电路进行阻抗匹配、微分、积分、线性化补偿等处理工作，是检测系统中比较复杂的部分。

3. 记录与显示装置

记录与显示装置是将变换及测量装置送来的电信号进行记录与显示的一种装置，其显示方式一般有模拟显示、数字显示和图像显示 3 种形式，以便检测人员及时读取测量值的大小和变化过程。

(1) 模拟显示。模拟显示一般是利用指针式仪表指示被测量的大小，应用广泛。其优点是结构简单、价格低廉、读数方便和直观；缺点是易造成读数误差。

(2) 数字显示。数字显示直接以数字形式指示被测量的大小，应用愈来愈广泛。该种显示方式有利于消除读数误差，并能与微机联机，使数据处理更加方便。

(3) 图像显示。图像显示用记录仪显示并记录被测量处于动态中的变化过程，以描绘出被测量随时间变化的曲线或图像作为检测结果，供读数、分析、判断之用。常用的自动记录仪有光线示波器、电子示波器、笔式记录仪和磁带记录仪等。其中，光线示波器具有记录和显示两种功能，电子示波器只有显示功能，磁带记录器只具有记录功能。

4. 数据处理装置

数据处理装置是一种用来对检测结果(数据、曲线或图像)进行分析、运算、处理的装置。例如，对大量测量数据进行数理统计分析，对曲线进行拟合，对动态测试结果进行频谱分析、幅值谱分析和能量谱分析等。

5. 激发装置

激发装置是用于人为地模拟某种条件把被测系统中的某种信息激发出来，以便检测。如用激振器来模拟各种条件的振动，并将其作用在机械或构件上，把机械或构件产生的振动幅度、应力变化等信息激发出来，以便检测后对其在振动中的状态及特性进行研究分析。

1.3.2 智能化检测设备简介

由普通仪器、仪表、装置或设备构成的检测系统，其指示装置大多为指针式。这种检测系统的最大缺点是指示精度低、分辨率差和使用寿命低，将逐渐被智能化检测系统所代替。

智能化检测系统一般是指以微机(单板机、单片机或PC)为基础而设计制造出来的一种新型检测系统。由于由微机控制整个检测系统，因而使检测系统的结构和功能发生了根本性的变化。

一般检测系统设有许多调节旋钮，在测量过程中的量程选择、极性变换、亮度调节、幅度调节和数据显示等工作都需要人工操作。智能化检测系统是以微处理器作为控制单元，能把系统中各个测量环节有机地结合起来，并赋予了微机所持有的诸如编程、自动控制、数据处理、分析判断、存储打印等功能，这是一种自控性很强的智能化的检测系统。

智能化检测系统一般由传感器、放大器、A/D转换器、微机系统、显示器、打印机和电源等组成。

1. 智能化检测系统的特点

智能化检测系统与普通检测系统相比较有以下一些特点。

(1) 自动零位校准和自动精度校准。为了消除由于环境条件的变化(如温度)，使放大器的增益发生变化所造成的仪器零点漂移，智能化检测系统设置具有自动零位校准功能，它采用程序控制的方法，在输入接地的情况下，将漂移电压存入随机存取存储器RAM中，经过运算即可从测量值中消除零位偏差。

自动精度校准是采用软件的自校准功能，事先通过分别测出零位偏差、增益偏差以及各项修正值，进而建立各部分的校准方程——数学模型。自动校准的精度取决于数学模型的建立，即取决于数学模型是否能正确反映客观实际。

(2) 自动量程切换。智能化检测系统中的量程切换一般也是通过软件来实现的。编制软件采用逐级比较的方法，从大到小(从高量程到低量程)自动进行。软件一旦判定被测参数所属量程，程序即自动完成量程切换。

(3) 功能自动选择。智能化检测系统中的功能选择，实际上是在数字仪表上附加时序电路，用一个A/D采集多通道的信号，在程序控制下，通过电子开关来实现的。只要智能化检测系统中的各功能键(如温度T、流量L……)进行统一编码，然后CPU发送各种控制字符(如A_1、A_2等)，通过接口芯片来控制各个电子开关的启闭。这样，在测量过程中检测系统能自动选择或自动改变测量功能。这种功能的改变完全可以由用户事先设定，在程序中发送不同的控制字符，相应的电子开关便接通，从而实现功能的自动选择。

(4) 自动数据处理和误差修正。智能化检测系统有很强的自动数据处理能力。例如，能按线性关系、对数关系及乘方关系，求取测量值相对于基准值的各种比值，并能进行各种随机量的统计分析和处理，求取测量值的平均值、方差值、标准偏差值、均方根值等。对于系统误差的修正，由于往往事先知道被测量的修正量，故在智能化检测系统中，这种误差的修正就变得更为简单。

除此之外，智能化检测系统还能对非线性参数进行线性补偿，使仪器的读数线性化。

(5) 自动定时控制。自动定时控制是某些测量过程所需要的。智能化检测系统实现自动定时控制有两种方法：一种是用硬件完成，例如某些微处理器中就有硬件定时器，可以向CPU发出定时信号，CPU会立即响应并进行处理；另一种是用软件达到延时的目的，即编制固定的延时程序，按0.1s、1.0s……甚至1.0h延时设计，并作为子程序存放在只读存储器ROM中，用户在使用中只要给定各种时间常数，通过反复调用这些子程序，就

可实现自动定时控制。后者方法简单，不需要增加硬件，但定时精度不如前者高。

(6) 自动故障诊断。智能化检测系统可在系统内设有故障自诊断系统，一般采用查询的方式进行，能在遇到故障时自动显示故障部位，大大缩短诊断故障的时间，实现检测系统自身的快速诊断。

(7) 功能越来越强大。一些综合性能的智能化检测系统，如发动机综合参数测试仪、故障解码器、汽车专用示波器等，不仅能对国产车系进行检测诊断，而且能对亚洲车系、欧洲车系和美洲车系进行检测诊断；不仅能检测诊断发动机的电控系统，而且能检测自动变速器、防抱死制动系统、牵引控制系统、安全气囊、电控悬架、巡航系统、卫星定位系统和空调的电控系统等，不仅能读出故障代码、清除故障代码，而且还具有读出数据流、进行系统测试、OBD－Ⅱ诊断等多项功能。

(8) 使用越来越方便。多数智能化检测设备，如发动机综合参数测试仪、故障解码器、汽车专用示波器和四轮定位仪等，均设有上、下级菜单，使用中只需点击菜单，选择要测试的内容即可，其操作变得越来越方便。

2. 智能化检测系统在汽车检测设备中的应用

这里主要介绍由单片机构成的智能化检测系统在汽车检测设备中的应用实例。

(1) 车速表试验台。车速表试验台是用来检测汽车实际车速的一种检测设备。检测时由汽车车轮带动车速表试验台滚筒旋转或由车速表试验台滚筒带动车轮旋转，在二者不发生滑转的情况下，滚筒表面的线速度与轮胎表面的线速度相等。由于滚筒直径为已知，因此只要测出滚筒的旋转速度就可以算出滚筒表面的线速度，从而得到汽车的实际车速。传统的检测方法是在滚筒的一端安装测速发电机，其输出电压与滚筒的转速成正比，用模拟式仪表指示测速发电机的电压值，表盘用相应的车速值标定就构成了车速表试验台的车速指示仪表，这种仪表具有以下缺点：仪表读数度低；测速发电机本身精度较低；不易保留特征值；不能进行数字通信。

以单片机为核心构成的智能化车速表检测系统，可以完全克服上述缺点，其框图如图1.10所示。

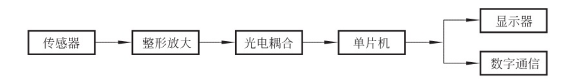


图1.10　以单片机为核心的智能化车速表检测系统框图

滚筒转速信号经传感器转换为脉冲数字信号，再经整形、光电耦合后送入单片机，单片机对信号的频率周期进行计算，然后换算成相应的实际车速值，以 km/h 为单位显示。

实际车速值的计算方法有以下两种。

① 测频方法。首先在单片机的程序中设置定时中断程序，一般可设置为0.2～0.4s中断一次，然后用单片机中的计数器计算单位时间内的脉冲数，就可换算出相应的实际车速值。例如，设滚筒周长为60cm，每转1周输出60个脉冲，则脉冲当量为1cm/次，定时器中断时间为0.4s，若计得脉冲数为500，则

$$\text{实际车速}=\frac{\text{脉冲数}\times\text{脉冲当量}}{\text{中断时间}}\times 0.036=\frac{500\times 1}{0.4}\times 0.036=45(\text{km/h})$$

② 测周期方法。首先利用单片机内的振荡信号产生一个标准频率迟度，然后计算一个脉冲周期有多少个频率迟度。例如，频率迟度为 0.01ms，脉冲当量数为 10cm/次，测得一个脉冲的周期频率为 800Hz，则实际车速可由下式求出。

$$\text{实际车速}=\frac{\text{脉冲当量}\times 10^{-2}}{\text{脉冲的周期频率}\times\text{频率迟度}\times 10^{-3}}\times 3.6$$

$$=\frac{10\times 10^{-2}}{800\times 0.01\times 10^{-3}}\times 3.6=45(\text{km/h})$$

测频方法在高速时精度高，在低速时由于脉冲数量少，脉冲数的加减误差会造成较大误差；测周期方法则低速时精度高，而高速时精度低。

(2) 侧滑试验台。侧滑试验台是使汽车驶过侧滑板时，用测量侧滑板横向移动量的方法来确定车轮侧滑量的一种检测设备。侧滑试验台智能化检测系统的工作原理为：试验台传感器将侧滑板横向位移信号转换成电压信号，并经放大器放大。为了便于和 A/D 转换器接口，需经过网络变换器转换成两路 0～5V 的电压信号，并配有滤波、限幅、续流等措施，然后由 A/D 转换器变成对应的二进制数码。当汽车驶过侧滑板时，单片机不断地采集位移量信号，采样周期一般取 10ms。这样，车轮通过侧滑板时可采 50～60 个样点，经数据处理找出最大值以下的若干个点，再经过一次数字滤波求出侧滑量的最大值，然后送至显示器显示。当侧滑量超过 5m/km 时，主控微机驱动相应的声、光报警器系统报警，告知检测人员车轮的侧滑量已超出诊断参数标准。

(3) 轴重计或轮重仪。轴重计或轮重仪与反力式滚筒制动试验台配套使用，电子式的轴重计或轮重仪一般采用压力传感。当车辆在轴重计或轮重仪上停止时，压力传感器产生并输出对应的电压信号。这种电压信号的幅度很小，满幅时只有 20mV 左右，要求采用高精度的放大器，并要求严格控制温漂和零点漂移。放大后的信号由 A/D 转换器转换并经数字滤波后送至显示器显示。

由于轴重信号变化缓慢，一般采用双积分式 A/D 转换器。轴重计或轮重仪的软件必须具有以下几种功能：①零点跟踪；②漂移限制；③判断数据达到稳定条件后，能向主控微机发送。

轴重计或轮重仪是一种高精度仪器，在标定准确后不能随意调整，并注意传感器不要受潮。

1.3.3 检测设备的使用、维护和故障处理

汽车检测设备，既有一般检测系统，也有智能化检测系统，而且智能化检测系统的使用越来越广泛。为了使检测设备保持良好的技术状况，必须做好日常的使用、维护和故障处理等工作。

1. 使用与维护

使用与维护应注意以下几个方面。

(1) 检测设备的使用环境，如温度、湿度、灰尘、振动等必须符合其使用说明书的要求。

(2) 指针式检测设备，在使用前必须检查指针是否在机械零点位置上，否则应调整。

(3) 检测设备在使用前如需预热，应按其使用说明书的要求，预热至规定时间。

(4) 使用前必须按使用说明书规定的方法，对检测设备进行校准和调整，待符合要求后，才能投入使用。

(5) 电源开关不宜频繁开启和关闭。

(6) 检测设备的电源电压应在额定值15%范围内，并应加强交流滤波。

(7) 严格防止高压电窜入控制线和信号线内，且控制线、信号线不宜过长。

(8) 检测设备使用完毕应及时关闭电源，有降温要求的应使机内风扇继续工作数分钟，直至温度降至符合要求为止。

(9) 要经常监视检测设备传感器的外部状况，如有破损、松动、位移、积尘和受潮等现象，应及时处理。

(10) 检测设备积尘可定期用毛刷、吸尘器等清除，严禁用有机溶剂和湿布等擦拭内部元件。

2. 检测设备的故障处理

检测设备如出现故障，应按使用说明书明示的解决方法进行处理或与生产厂家联系。一般的故障处理方法如下。

(1) 检测设备不工作，面板指示灯全部不亮。

① 检查电源是否接通，熔断丝是否烧断；

② 检查整流管、调整管等是否短路或损坏；

③ 检查电解电容器和外部控制引线状况，这两处往往是故障多发点。

(2) 检测设备显示值偏离实际值较多。

① 检查传感器工作是否正常，其输出电压是否符合标准；

② 检查电路板的放大器工作是否正常；

③ 检查A/D转换器参考电压是否正常。

(3) 检测设备显示值不变。

① 检查传感器、放大器的工作是否正常；

② 检查电路板上的集成块(A/D转换芯片、显示驱动芯片、微处理器等)是否损坏。

(4) 检测设备出现误动作或误示数。

① 检查是否有外部干扰源；

② 检查电源滤波、机壳接地、输入信号屏蔽等措施是否完善。

(5) 检测设备发送数据误码较多。

① 检查通信插座接触情况，若不良应紧固；

② 在满足通信速率的情况下，尽可能降低传送波频率。

此外，还应经常检查检测设备中继电器、电解电容器、电位器、接插件和按键等一些易损器件，若工作不良要及时修理或更换，以降低检测设备的故障率。

1.4　汽车检测与诊断的基础理论

从事汽车检测诊断技术工作，不仅要有完善的检测手段和分析、判断的方法，而且要有正确的理论指导和必备的基础理论知识。

诊断参数、诊断标准、诊断周期是从事汽车检测诊断技术工作者必须掌握的基础理论知识。

1.4.1　诊断参数

1. 诊断参数及其分类

在汽车不解体条件下，直接测量结构参数(如磨损量、间隙等)常常是不可能的。为此，在进行汽车诊断时，需要找到一组与结构参数有联系，能够表征汽车、总成及机构技术状况的直接或间接标志，并通过对这些标志的测量来确定其技术状况的好坏。这种供诊断用的表征汽车、总成及机构技术状况的标志称为诊断参数。

诊断参数可分为三大类：工作过程参数、伴随过程参数和几何尺寸参数。

1）工作过程参数

工作过程参数是指汽车工作时输出的一些可供测量的物理量、化学量，或指体现汽车或总成功能的参数，如发动机功率、油耗、汽车制动距离、制动减速度、滑行距离等。工作过程参数往往能表征诊断对象工作过程中总的技术状况，适合于总体诊断。例如，通过检测得知底盘输出功率符合要求，这说明汽车动力性符合要求，也说明发动机技术状况和传动系技术状况均符合要求；反之，通过检测得知底盘输出功率不符合要求，说明汽车动力性不符合要求，也说明发动机输出功率不足或传动系损失功率太大。可见，工作过程参数可以从整体上确定汽车和总成的技术状况，即从工作过程参数本身就可以确定汽车、总成或汽车其他某一方面的功能。

2）伴随过程参数

伴随过程参数一般并不直接体现汽车或总成的功能，但却能通过伴随过程参数在汽车工作过程中的变化，间接反映诊断对象的技术状况，如振动、噪声、发热、异响等。伴随过程参数可提供诊断对象的局部信息，常用于复杂系统的深入诊断。

3）几何尺寸参数

几何尺寸参数能够反映诊断对象的具体结构要素是否满足要求，可提供总成或机构中配合零件之间或独立零件的技术状况。例如，总成或机构中的配合间隙、自由行程、圆度、圆柱度、端面圆跳动、径向圆跳动等，都可作为诊断参数使用。它们提供的信息量虽然有限，但却能表征诊断对象的具体状态。

2. 汽车常用诊断参数

汽车常用诊断参数见表1-2。

3. 诊断参数的特性与选择

能够表征汽车技术状况的参数很多，而且同一技术性能常可采用不同的参数反映。这样，为保证汽车诊断的方便性和诊断结果的可信性，应该通过研究诊断参数值随汽车技术状况变化的规律，选出最适用和最有价值的诊断参数。具体选择时，应使诊断参数具有下列特性。

1）单值性

单值性是指诊断对象的技术状况参数(如间隙、磨损量等)从初始值 μ_0 变化到极限值 μ_f 的过程中，诊断参数值 T 与技术状况参数值 μ 一一对应，即诊断参数无极值。

$$\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}\mu}\neq 0 \tag{1-3}$$

表 1-2　汽车常用诊断参数

诊断对象	诊 断 参 数	诊断对象	诊 断 参 数
发动机总体	功率/kW 曲轴角加速度/(rad/s^2) 单缸断火时功率下降率/% 油耗/(L/h) 曲轴最高转速/(r/min) 废气成分(体积分数)/%	冷却系统	冷却液工作温度/℃ 散热器入口与出口温差/℃ 风扇传动带张力/(N/mm) 曲轴与发电机轴转速差/%
气缸活塞组	曲轴箱窜气量/(L/min) 曲轴箱气体压力/kPa 气缸间隙(按振动信号测量)/mm 气缸压力/MPa 气缸漏气率/% 发动机异响 机油消耗量/(L/100km)	点火系统	一次电路电压/V 一次电路电压降/V 电容器容量/μF 断电器触点闭和角及重叠角/(°) 点火电压/kV 二次电路开路电压/kV 点火提前角/(°) 发电机电压/V、电流/A 整流器输出电压/V
曲柄连杆组	空油道机油压力/MPa 主轴承间隙(按油压脉冲测量)/mm 连杆轴承间隙(按振动信号测量)/mm	起动系统	在制动状态下，起动机电流/A，电压蓄电池在有负荷状态下的电压/V 振动特性/(m/s^2)
配气机构	气门热间隙/mm 气门行程/mm 配气相位/(°)	传动系统	车轮驱动力/N 底盘输出功率/kW 滑行距离/m 传动系噪声/dB
柴油机供油系统	喷油提前角(按油管脉动压力测量)/(°) 单缸柱塞供油延续时间(按油管脉动压力测量)/(°) 各缸供油均匀度/% 每一工作循环供油量/(mL/工作循环) 高压油管中压力波增长时间，曲轴转角/(°) 按喷油脉冲相位测定喷油提前角的不均匀度，曲轴转角/(°) 喷油嘴初始喷射压力/MPa 曲轴最小和最大转速/(r/min) 燃油细滤器出口压力/MPa	制动系统	制动距离/m 制动力/N 制动减速度/(m/s^2) 跑偏，左右轮制动力差值/N 制动滞后时间/s 制动释放时间/s
供油系统及滤清器	燃油泵清洗前的油压/MPa 燃油泵清洗后的油压/MPa 涡轮气压机的压力/MPa 涡轮增压器润滑系统油压/MPa	转向系统	主销内倾角/(°) 主销后倾角/(°) 车轮外倾角/(°) 车轮前束/mm 车轮侧滑量/(mm/m)
润滑系统	润滑系统机油压力/MPa 曲轴箱机油温度/℃ 机油含铁(或铜、铬、铝、硅等)量(质量分数/%) 机油透光度/% 机油介电常数	行驶系统	车轮静平衡 车轮动平衡 车轮振动/(m/s^2)
		照明系统	前照灯照度/lx 前照灯发光强度/cd 光轴偏斜量/mm

2）灵敏性

灵敏性是指诊断参数值相对于技术状况参数的变化率 $k_t=\mathrm{d}T/\mathrm{d}\mu$ 足够大。若同一技术状况参数可用两个不同诊断参数 T_1 和 T_2 诊断，则变化率大者灵敏性好。即所选诊断参数 T_1 应满足下式。

$$\frac{\mathrm{d}T_1}{\mathrm{d}\mu}>\frac{\mathrm{d}T_2}{\mathrm{d}\mu} \tag{1-4}$$

3）稳定性

稳定性是指在同样测试条件下，诊断参数的多次测量值应有良好的一致性。

把诊断参数测量值视做随机变量，其取值的稳定性及离散性可用样本方差大小衡量，即

$$\sigma_{\mathrm{T}}(\mu)=\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}[T_i(\mu)-\bar{T}(\mu)]^2}}{n-1} \tag{1-5}$$

式中，$\sigma_{\mathrm{T}}(\mu)$——诊断参数测量值的样本方差；

$T_i(\mu)$——诊断参数的第 i 测量值，$i=1,2,\cdots,n$；

$\bar{T}(\mu)$——诊断参数 n 次测量值的平均值。

4）信息性

信息性是指诊断参数应可靠地反映诊断对象的技术状况。若 T_1 和 T_2 分别表示诊断对象无故障和有故障时诊断参数的取值，则多次测量条件下，T_1 和 T_2 的取值满足 $T_1>T_2$ 或 $T_1<T_2$，即二者取值不能有交叉。二者相差越大，信息性越好。若分别以 $f_1(T)$ 与 $f_2(T)$ 表示无故障诊断参数的分布函数和有故障诊断参数的分布函数，则 $f_1(T)$ 与 $f_2(T)$ 的重叠区域越小，诊断结论出现误差的可能性越小，诊断参数的信息性越强，如图 1.11 所示。

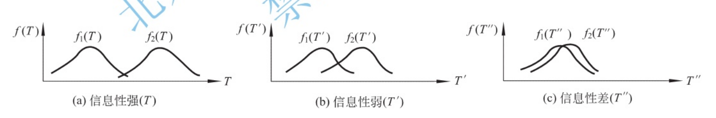


图 1.11　诊断参数的信息性

式(1-6)为信息性的定量表示。

$$I(T)=\frac{|\bar{T}_1-\bar{T}_2|}{\sigma_1+\sigma_2} \tag{1-6}$$

式中，$I(T)$——诊断参数 T 的信息性；

$\bar{T}_1$——无故障时诊断参数 T 的平均值；

$\bar{T}_2$——有故障时诊断参数 T 的平均值；

σ_1——无故障时诊断参数 T 的样本方差；

σ_2——有故障时诊断参数 T 的样本方差。

5）方便性

方便性是指用诊断参数实现对诊断对象进行诊断的难易程度。在汽车检测与诊断过程中，应选择那些易于实现对诊断对象进行诊断的诊断参数，即选择方便性好的诊断参数。

6）经济性

经济性是指实现所选诊断参数的测量而需要的诊断作业费用。汽车诊断的目的是为了查明汽车技术状况，视情采用相应的维修措施，以便提高汽车的使用可靠性和经济性。如果诊断费用很高，则这种参数是不可取的。

4. 诊断参数与测量条件、测量方法的关系

不同的测量条件和不同的测量方法，可以测得不同的诊断参数值。测量条件中，一般有温度条件、速度条件、负荷条件等。多数诊断参数的测得需要汽车运行至正常工作温度，只有少数诊断参数可在冷温下进行。除了温度条件外，速度条件和负荷条件也很重要。如发动机功率的检测，需在一定的转速和节气门开度下进行；汽车制动距离的检测，需在一定的制动初速度和载荷(空载或满载)下进行。对诊断参数的测试方法也有规定，如汽油车排放污染物的测量，应采用双怠速法，并要求各排气组分均要采用不分光红外线(NDIR)气体分析仪进行；柴油车自由加速烟度的测量，应采用滤纸烟度法，并要求采用滤纸式烟度计进行。

没有规范的测量条件和测量方法，无法统一尺度，测得的诊断参数值也就无法评价汽车的技术状况。为此，要把诊断参数及其测量条件、测量方法视为一个不可分割的整体。

1.4.2　诊断参数标准

诊断参数标准有时简称为诊断标准，是利用诊断参数测量值对诊断对象的技术状况进行评价的依据。汽车诊断标准是汽车技术标准中的一种，是对汽车诊断的方法、技术要求和限值等的统一规定。

1. 诊断参数标准的类型

汽车诊断标准与其他技术标准一样，根据其来源可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准 4 种类型。

1）国家标准

国家标准是由国家制定的标准，冠以中华人民共和国国家标准字样。国家标准一般由某行业部、委提出，由国家质量监督检验检疫总局批准、发布。如 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》、GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测试方法(双怠速法及简易工况法)》等都是强制推行的国家标准。GB/T 1496—1979《机动车辆噪声测量方法》、GB/T 12428—1990《客车装载质量计算方法》等是推荐性国家级标准。

这类标准主要涉及汽车行驶安全性和对环境的影响。由于这些标准可反映汽车或汽车某机构的工作能力，因此广泛应用于汽车诊断中。

国家标准具有强制性和权威性，全国各级有关单位和个人都要贯彻执行。

2）行业标准

行业标准也称为部、委标准，是部级或国家委员会级部门制定、发布并经国家质量监督检验检疫总局备案的标准，在部、委系统内或行业内贯彻执行。一般冠以中华人民共和国某某部或某某行业标准，也在一定范围内具有强制性和权威性，各级各有关单位和个人也必须贯彻执行。如JB 3352—1983《载货汽车燃料消耗量试验方法》是原中华人民共和国机械工业部标准，SY 2625—1982《增压柴油机高温洁净性评定法》是原中华人民共和国石油工业部标准，都属于强制性标准。JT/T 201—1995《汽车维护工艺规范》、JT/T 298—1995《汽车技术等级评定标准》等是中华人民共和国交通行业标准，属于推荐性标准。

3）地方标准

地方标准是省(直辖市、自治区)级、市地级、市县级部门制定并发布的标准、在地方范围内贯彻执行，也在一定范围内具有强制性和权威性，所属范围内的各级各有关单位和个人必须贯彻执行。省、市地、市县三级除贯彻执行上级标准外，可根据本地具体情况制定地方标准或率先制定上级没有制定的标准。地方标准中的极限值可能比上级标准中的极限值的要求还要严格。

4）企业标准

企业标准包括汽车制造厂推荐的标准、汽车运输企业和汽车维修企业内部制定的标准和检测设备制造厂推荐的参考性标准3部分。

汽车制造厂推荐的标准是汽车制造厂在汽车使用说明书中公布的汽车使用性能参数、结构参数、调整数据和使用极限等，从中选择一部分作为诊断参数标准来使用。该种标准是汽车制造厂根据设计要求、制造水平，为保证汽车的使用性能和技术状况而制定的。

汽车运输企业和汽车维修企业的标准是汽车运输企业、汽车维修企业内部制定的标准，只在企业内部贯彻执行。有条件的企业除贯彻执行上级标准外，往往还能根据本企业的具体情况，制定企业标准或率先制定上级没有制定的标准。企业标准中有些诊断参数的限值甚至比上级标准还要严格，以保证汽车维修质量和树立良好的企业形象。一般情况下，企业标准应达到国家标准和上级标准的要求，同时允许超过国家标准和上级标准的要求。

检测设备制造厂推荐的参考性标准是检测设备制造厂针对检测设备所检测的诊断参数，在尚没有国家标准和行业标准的情况下制定的诊断参数限值，通过检测设备使用说明书提供给使用单位作为参考性标准，以判断汽车、总成、机构的技术状况。

任何一级标准的制定和修订，都要既考虑技术性和经济性，又考虑先进性，并尽量靠拢同类型国际标准。

2. 诊断参数标准的组成

汽车各项诊断参数的标准，一般都应包括初始标准值 T_f、极限标准值 T_L 和许用标准值 T_P。

诊断参数的初始标准值 T_f 相当于无故障新车时诊断参数值的大小。对汽车的某些机构或系统(如点火系统、供油系统等)的某些诊断参数而言，初始标准值是按最大经济性原则确定的，并可在汽车工作过程中一直采用。例如，EQ6100发动机的基本点火提前角(发动机点火提前装置不起作用时的提前角)为9°，此时能确保发动机的动力性和经济性。

诊断参数的极限标准值 T_L 是指汽车失去工作能力或技术性能将变坏，以及行驶安全性得不到保证时所对应的诊断参数值。诊断参数的测试值低于其极限标准值时，汽车将不

能再使用。在汽车使用过程中，通过逐次诊断，并把诊断结果与诊断参数极限值比较，可预测汽车的使用寿命。

诊断参数的许用标准值 T_P 是指汽车无需维护修理可继续使用时，诊断参数的允许界限值。诊断参数测试值超过该界限，即使汽车还有工作能力，也不能再等到下一个维修间隔里程才进行维修，应适当提前安排汽车的维护和修理，否则汽车的技术经济性能将下降，故障率将上升。

若汽车诊断参数值随汽车行驶里程呈线性变化，则 T_f、T_L 和 T_P 是与计划诊断周期 L_d 有关系的，即实际诊断参数值按汽车行驶里程变化的情况如图 1.12 所示。诊断参数的许用标准值 T_P 比极限标准值 T_L 低 ΔT，以保证汽车在确定的诊断间隔里程内能继续行驶。

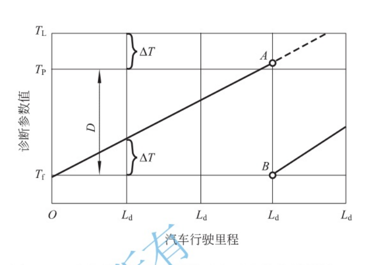


图 1.12　实际诊断参数值按汽车行驶里程变化的情况

L_d—计划诊断周期；ΔT—在诊断周期内诊断参数的增量；D—诊断参数值的允许变化范围；AB—预防维护的作用

1.4.3　诊断周期

诊断周期是指两次诊断之间汽车的行驶里程。科学制定汽车诊断周期，对于经济、可靠地保障汽车技术状况良好具有重要作用。

1. 最佳诊断周期

汽车诊断间隔里程的合理确定，应满足技术和经济两方面的条件，所谓最佳诊断周期是指在这样的诊断周期下，技术上应保证汽车的技术完好率最高，经济上应使单位行程的维护修理费用以及因故障引起汽车停驶损耗的费用最小。大量统计资料表明，实现单位行程费用最小和技术完好率最高二者是一致的。因此，最佳诊断周期可以通过统计分析的方法来确定。即诊断周期 L_d 应满足如下条件。

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}L}\left[\frac{C(L_d)}{\overline{L}(L_d)}\right]=0 \tag{1-7}$$

式中，$C(L_d)$——诊断周期为 L_d 时，诊断、维护、修理费用均值；

$\overline{L}(L_d)$——诊断周期为 L_d 时，系统(车辆或机构)平均正常工作里程。

2. 诊断周期的确定

制定最佳诊断周期，应考虑汽车技术状况，汽车使用条件，汽车检测诊断、维护修理、停驶损耗的费用等项因素。

诊断周期 L_d 与诊断参数的许用标准值 T_P 或诊断参数的允许变化范围 D 有关。在确定 D 之后，把式(1-7)具体化，得到确定诊断周期 L_d 的一般公式。

$$C(D, L_d)=\min_{T_f<D<T_L}\left\{\frac{C\cdot Q(D, L_d)}{\overline{L_\phi}(D, L_d)}+\frac{d[1-Q(D, L_d)]}{\overline{L_\phi}(D, L_d)}+\frac{C_D\cdot K_D Q(D, L_d)}{\overline{L_\phi}(D, L_d)}\right\} \tag{1-8}$$

式中，C_D——诊断费用系数；

$K_D(D, L_d)$——汽车使用寿命期内平均诊断次数；

L_ϕ——汽车无故障间隔里程。

实际确定汽车的诊断周期 L_d 时，还需要考虑如下问题。

（1）汽车是一个不等强度的复杂系统。

（2）汽车各个系统的重要性不同。

由于汽车是一个不等强度的复杂系统，各机构的故障间平均行驶里程 $\overline{L}$ 一般并不相同；即使是同一总成、机构内的不同零件，其故障间平均行驶里程也不会相同。所以，通常取总成内故障概率最大的零部件或诊断参数的故障间平均里程作为制定该总成诊断周期的依据。另外，由于汽车由许多总成、机构组成，因此不可能对每一个总成或机构都规定一个诊断周期，一般是把需要诊断的总成或机构，按诊断周期相近的原则组合在一级诊断中，对汽车执行与现行维护制度类似的分级诊断。

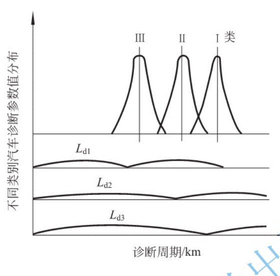


图 1.13　不同类别汽车诊断周期的确定

对于保证行驶安全的各个系统而言，其可靠性是第一位的，经济上的考虑则占次要地位。为使这些系统有足够高的可靠性，以保证汽车安全行驶，其诊断周期常较其他系统或机构的诊断周期短得多，甚至每日或隔日诊断。现代快速检测诊断技术的不断完善为此提供了条件。

在大规模的汽车运输企业中，由于车辆多，汽车类型和使用年限不同，而且使用条件相差很大，因此汽车的无故障行驶里程相差不大，并据此分别建立每一类车的诊断周期。图 1.13 所示为不同类别汽车诊断周期的确定。

小　结

从事汽车检测诊断技术工作，不仅要有完善的检测手段和分析、判断的方法，而且要有正确的理论指导和必备的基础理论知识。

诊断参数、诊断标准、诊断周期，检测系统的基本组成、智能化检测系统、检测设备的使用维护与故障处理等方面的知识，是从事汽车检测诊断技术工作者必须掌握的基础理论知识。

汽车诊断参数是供诊断用的，表征汽车、总成及机构技术状况的量。在进行汽车检测诊断时，要把诊断参数及其测量条件、测量方法视为一个不可分割的整体。

汽车诊断参数标准是对汽车诊断的方法、技术要求和限位等的统一规定，有时也简称为汽车诊断标准。

汽车诊断周期是汽车诊断的间隔期，以行驶里程或使用时间表示；最佳汽车诊断周期，是保证车辆的完好率最高而消耗的费用最少的诊断周期。

由一般仪器、仪表构成的检测系统，通常是由传感器、变换及测量装置、记录与显示装置、数据处理装置等组成。

智能化检测系统一般是指以微机（单板机、单片机或 PC）为基础而设计制造出来的一种新型检测系统。

习　　题

1. 术语解释

1-1　汽车故障　故障树　故障率　汽车技术状况　汽车检测　汽车诊断

1-2　诊断参数　诊断标准　诊断周期

2. 填空题

1-3　汽车诊断主要是针对汽车________而言，汽车检测主要是针对汽车________而言。

1-4　按照故障存在时间，汽车故障可分为________故障和________故障。

1-5　按照故障发生快慢，汽车故障可分为________故障和________故障。

1-6　按照故障是否显现，汽车故障可分为________故障和________故障。

1-7　智能化检测系统一般是指以________为基础而设计制造出来的一种新型检测系统。

1-8　在进行汽车检测诊断时，要把诊断参数及其________、________视为一个不可分割的整体。

1-9　汽车诊断标准与其他技术标准一样，根据其来源可分为________、________、________和________ 4 种类型。

1-10　汽车各项诊断参数的标准，一般都应包括：________标准值、________标准值和________标准值。

1-11　诊断参数可分为________、________和________三大类。

1-12　制定最佳诊断周期，应考虑________、________、________、________、________等项因素。

1-13　最佳汽车诊断周期，是保证车辆的完好率________而消耗的费用________的诊断周期。

1-14　对于保证行驶安全的各个系统而言，其________是第一位的，________的考虑则占次要地位。

1-15　检测设备的使用环境，如________、________、________、________等必须符合其使用说明书的要求。

1-16　汽车诊断间隔里程的合理确定，应满足________和________两方面的条件。

3. 简答题

1-17　简述汽车检测与诊断的目的。

1-18　简述汽车检测与诊断的类型。

1-19　简述汽车诊断的方法及特点。

1-20　简述汽车故障的主要类型。

1-21　简述汽车故障形成的原因。

1-22　分析汽车技术状况变化规律。

1-23　简述故障树分析法的基本原理。

1-24　简述建立故障树的步骤。

1-25　简述故障树分析程序和方法。

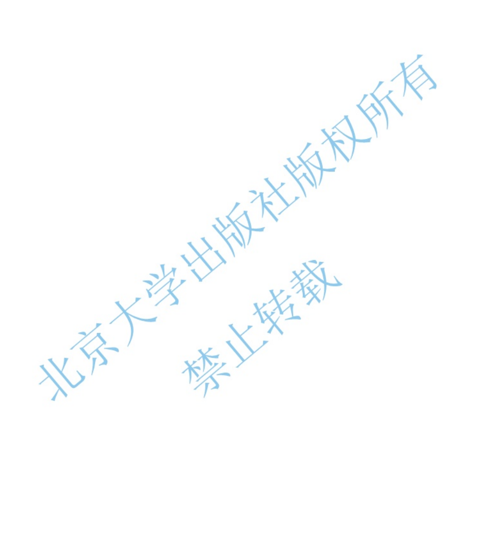
1-26　简述检测系统的基本组成及各组成部分的功用。

1-27　简述智能化检测系统的特点。

1-28　简述诊断参数的特性。

1-29　确定最佳诊断周期应满足的条件是什么?

1-30　画图分析诊断参数信息性的强弱。



第 2 章　汽车检测站

教学提示： 汽车检测站综合运用现代检测设备和检测技术，对汽车实施不解体诊断和检测。本章重点讲解检测站的功能、组成和工位布置，特别是常用的安全环保检测线，要熟悉各工位检测设备和检测项目。

教学要求： 本章重点掌握汽车检测站的任务、类型及组成和工位布置，熟悉汽车检测工艺和流程，并结合现代控制技术，掌握微机控制系统的组成和控制方式。

随着汽车制造业和交通运输业的迅速发展，汽车已成为现今社会不可缺少的交通运输工具，其保有量越来越大。如何用现代、科学、快速、定量和准确的手段，检测并诊断汽车的技术状况，使汽车更好地发挥其动力性、经济性、排气净化性、安全性、可靠性和舒适性等使用性能，是人类一直追求的目标。汽车检测站在这种情况下应运而生，并逐渐发展、壮大、成熟。它不仅可代表政府车管机关或行业对汽车技术状况进行检测和监督，而且已成为汽车制造企业、汽车运输企业、汽车维修企业中不可缺少的重要组成部分。

2.1　汽车检测站概述

汽车检测站是综合运用现代检测技术，对汽车实施不解体诊断、检测的机构。它具有现代的检测设备和检测方法，能在室内检测出车辆的各种参数并诊断出可能出现的故障，为全面、准确评价汽车的使用性能和技术状况提供可靠的依据。

2.1.1　检测站的任务

按中华人民共和国交通部令第 29 号《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》的规定。汽车检测站的主要任务如下。

（1）对在用运输车辆的技术状况进行检测诊断。

（2）对汽车维修行业的维修车辆进行质量检测。

（3）接受委托，对车辆改装、改造、报废及其有关新工艺、新技术、新产品、科研成果等项目进行检测，提供检测结果。

（4）接受公安、环保、商检、计量和保险等部门的委托，为其进行有关项目的检测，提供检测结果。

2.1.2　检测站的类型

按不同的分类方法，检测站可以分为不同的类型。

1．按服务功能分类

如果按服务功能分类，检测站可分为安全检测站、维修检测站和综合检测站三种。

安全检测站是国家的执法机构，不是营利型企业。它按照国家规定的车检法规，定期检测车辆中与安全和环保有关的项目，以保证汽车安全行驶，并将污染降低到允许的限度。这种检测站对检测结果往往只显示“合格”、“不合格”两种，而不作具体数据显示和故障分析，检测速度快，生产效率高。如果自动化程度比较高，其年度检车量可达数万辆次。检测合格的车辆凭检测结果报告单办理年审签证，在有效期内准予车辆行驶。这种检测站一般由车辆管理机关直接建立，或由车辆管理机关认可的汽车运输企业、汽车维修企业等企业单位或事业单位建立，也可多方联合建立。

维修检测站主要是从车辆使用和维修的角度，担负车辆维修前、后的技术状况检测。它能检测车辆的主要使用性能，并能进行故障分析与诊断。它一般由汽车运输企业或汽车维修企业建立。

综合检测站既能担负车辆管理部门的安全环保检测，又能担负车辆使用、维修企业的技术状况诊断，还能承接科研或教学方面的性能试验和参数测试。这种检测站检测设备多，自动化程度高，数据处理迅速准确，功能齐全，检测项目广且深度大，可为合理制定诊断参数标准、诊断周期以及为科研、教学、设计、制造和维修等部门或单位提供可靠依据，并能担负对检测设备的精度测试。

2. 按规模大小分类

如果按规模大小分类，检测站可分为大、中、小三种类型。其中，大型检测站检测线多，自动化程度高，年检能力大，且能检测多种车型。大型综合检测站可成为一定地区范围内的检测中心。

中型检测站至少有两条检测线，目前国内地市级及以上的城市建成或正在筹建的检测站多为这种类型。

小型检测站主要是指那些服务对象单一的检测站。如规模不大的安全检测站和维修检测站就属于这种类型，它不能担负更多的检测任务。这种检测站设有一条或两条作用相同的检测线。如果是一条检测线时，它往往能兼顾大、小型汽车的检测；如果是两条检测线时，其中一条线往往是专检小型汽车，而另一条线则大、小型汽车兼顾。这种规模的检测站，在国外较为常见。

有些检测站虽然服务对象单一，但站内设置的检测线较多，不应再称为小型检测站。如国外，把拥有四条安全环保检测线的检测站，视为中型检测站。

3. 按自动化程度分类

如果按检测线的自动化程度分类，检测站可分为手动式、全自动式和半自动式三种类型。

手动检测站的各检测设备，由人工手动控制检测过程，从各单机配备的指示装置上读数，笔录检测结果或由单机配备的打印机打印检测结果，占用人员多，检测效率低，读数误差大，多适用于维修检测站。

全自动检测站利用微机控制系统将检测线上各检测设备连接起来，除车辆上部和下部的外观检查工位仍需人工检查外，能自动控制其他所有工位上的检测过程，使设备的启动与运转、数据采集、分析判断、存储、显示和集中打印报表等全过程实现自动化。检测长可坐在主控制室内通过闭路电视观察各工位的检测情况，并通过检测程序向各工位受检车辆的驾驶员和检测员发出各种操作指令。每一项检测结果均能在主控制室内的电脑显示器

和各工位上的检验程序指示器上同时显示，使检测长、各工位检测员和驾驶员均能随时了解每一项检测结果。

由于全自动检测站自动化程度高，检测效率高，能避免人为的判断错误，因而获得广泛应用，目前国内外的安全检测站多为这种形式。

半自动检测站的自动化程度或范围介于手动和全自动检测站之间，一般是在原手动检测站的基础上将部分检测设备(如侧滑试验台、制动试验台、车速表试验台等)与微机联网以实现自动控制，而另一部分检测设备(如烟度计、废气分析仪、前照灯检测仪、声级计等)仍然手动操作。当微机联网的检测设备因故不能进行自动控制时，各检测设备仍可手动使用。

4. 按站内检测线数分类

如果按站内检测线数分类，可分为单线检测站、双线检测站、三线检测站等多种类型。总之，站内有几条检测线，就可以称为几线检测站。例如，日本某陆运事务所的检测站有八条检测线，可称为八线检测站。

5. 按所有制分类

如果按所有制分类，可分为全民所有(国家经营)检测站、集体所有(集体经营)检测站和个体所有(私人经营)检测站三种类型。例如，日本就有国家车检场和民间车检场之分，我国也早已出现集体所有制企业建立的检测站。

6. 综合检测站按职能分类

综合检测站如果按职能分类，可分为 A 级站、B 级站和 C 级站三种类型。其职能如下。

(1) A 级站。能全面承担检测站的任务，即能检测车辆的制动、侧滑、灯光、转向、前轮定位、车速、车轮动平衡、底盘输出功率、燃料消耗、发动机功率和点火系状况以及异响、磨损、变形、裂纹、噪声、废气排放等状况。

(2) B 级站。能承担在用车辆技术状况和车辆维修质量的检测，即能检测车辆的制动、侧滑、灯光、转向、车轮动平衡、燃料消耗、发动机功率和点火系状况以及异响、变形、噪声、废气排放等状况。

(3) C 级站。能承担在用车辆技术状况的检测，即能检测车辆的制动、侧滑、灯光、转向、车轮动平衡、燃料消耗、发动机功率以及异响、噪声、废气排放等状况。

2.1.3　检测站的组成和工位布置

1. 检测站的组成

检测站主要由一条至数条检测线组成。对于独立而完整的检测站，除检测线外，还应包括停车场、清洗站、泵气站、维修车间、办公区和生活区等设施。

(1) 安全检测站。安全检测站一般由一条至数条安全环保检测线组成。例如，日本陆运事务所的国家车检场，即使规模较小也有两条安全环保检测线。其中，一条为大、小型汽车通用自动检测线，另一条为小型汽车(轴质量为 500kg 或以下)的专用自动检测线。除此以外，还配备一条新规检测线，以对新车登录、检测之用。日本中等规模的国家车检

场，一般设有四条安全环保检测线，如东京沼律车检场就是如此。四条自动检测线中，一条为大、小型汽车通用检测线，其余三条为小型汽车专用检测线。另外，还配备一条新规检测线和一条柴油车排烟检测线。

（2）维修检测站。维修检测站一般由一条至数条综合检测线组成。

（3）综合检测站。综合检测站一般由安全环保检测线和综合检测线组成，可以各为一条，也可以各为数条。国内交通系统建成的检测站大多属于综合检测站，一般由一条安全环保检测线和一条综合检测线组成，如图 2.1 所示。

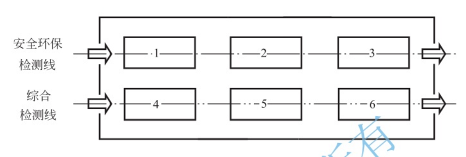


图 2.1　双线综合检测站平面布置示意图

1—外观检查工位；2—侧滑制动车速表工位；3—灯光尾气工位；
4—外观检查及车轮定位工位；5—制动工位；6—底盘测功工位

2．检测线的组成和工位布置

不管是安全环保检测线，还是综合检测线，它们都由多个检测工位组成，布置形式多为直线通道式，检测工位则是按一定顺序分布在直线通道上的。

（1）安全环保检测线。手动和半自动的安全环保检测线，一般由外观检查(人工检查)工位、侧滑制动车速表工位和灯光尾气(废气)工位三个工位组成。其中，外观检查工位带有地沟。全自动安全环保检测线既可以由上述三工位组成，也可以由四工位或五工位组成。五工位一般是汽车资料输入及安全装置检查工位、侧滑制动车速表工位、灯光尾气工位、车底检查工位(带有地沟)、综合判定及主控制室工位，如图 2.2 和图 2.3 所示。

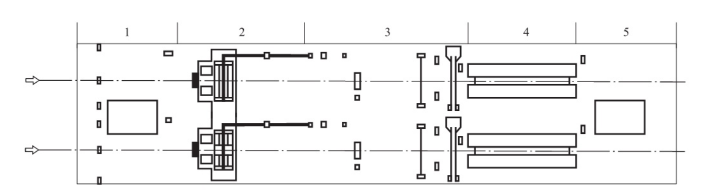


图 2.2　日本五工位全自动安全环保检测线平面布置图

1—汽车资料输入及安全装置检查工位；2—侧滑制动车速表工位；3—灯光尾气工位
4—车底检查工位；5—综合判定及主控制工位

对于安全环保检测线，不管是三工位、四工位，还是五工位，也不管工位顺序如何编排，其检测项目是固定的，均应布置成直线通道式，以利于进行流水作业。

(2) 综合检测线。如前已述，综合检测站分为 A、B、C 三种类型，职能各不一样，站内综合检测线的职能也不一样。A 级综合检测站(以下简称 A 级站)能全面承担检测站的任务，是职能最全的检测站。国内 A 级站一般设置两条检测线，一条为安全环保检测线，主要承担车管部门对车辆进行年审的任务；另一条为综合检测线，主要承担对车辆技术状况的检测诊断。A 级站的综合检测线一般有两种类型：一种是全能综合检测线，另一种是一般综合检测线。全能综合检测线设有包括安全环保检测线主要检测设备在内的比较齐全的工位，而一般综合检测线设置的工位不包括安全环保检测线的主要检测设备。

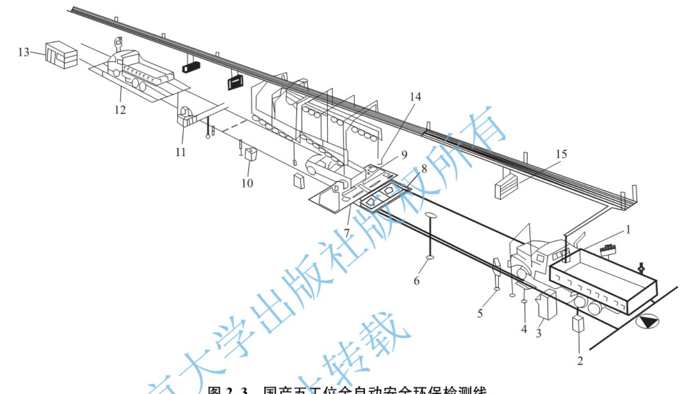


图 2.3　国产五工位全自动安全环保检测线

1—进线指示灯；2—烟度计；3—汽车资料登录微机；4—安全装置检查不合格项目输入键盘；5—烟度计检验程序指示器；6—电视摄像机；7—制动试验台；8—侧滑试验台；9—车速表试验台；10—废气分析仪；11—前照灯检测仪；12—车底检查工位；13—主控制室；14—车速表检测申报开关；15—检测程序指示器

图 2.1 所示综合检测线即为全能综合检测线。它由外观检查及车轮定位工位、制动工位和底盘测功工位组成，能对车辆技术状况进行全面检测诊断，必要时也能对车辆进行安全环保检测。由于这种检测线的检测设备多，检测项目齐全，与安全环保检测线互不干扰，因而检测效率相对较高，但建设费用也高。

图 2.4 所示的双线综合检测线，是一种接近全能的综合检测线。它由发动机测试及车轮平衡工位、底盘测功工位、车轮定位及车底检查工位组成，除制动性能不能检测外，安全环保检测线上的其他检测项目均能在该线上检测。

A 级站的一般综合检测线主要由底盘测功工位组成，能承担除安全环保检测项目以外项目的检测诊断，必要时车辆须开到安全环保检测线上才能完成有关项目的检测。国内已建成的综合检测站有相当多是属于这种类型。与全能综合检测线相比，一般综合检测线设备少，建站费用低，但检测效率也低。

综合检测线上各工位的车辆，由于检测诊断项目不一、检测诊断深度不同，很难在相同的时间内检测诊断完毕。很有可能前边工位的车辆工作量大，而后边工位的车辆工作量

小，但后边车辆又无法逾越，因而影响了工作效率。当综合检测线采用直线通道式布置，而又允许在线上进行诊断故障和调试作业时，将不可避免地遇到上述问题。在这种情况下，也可以将综合检测线的各工位横向布置成尽头式、穿过式或其他形式，以适合实际生产的需要，提高检测效率。

B 级综合检测站和 C 级综合检测站的综合检测线不包括底盘测功工位。

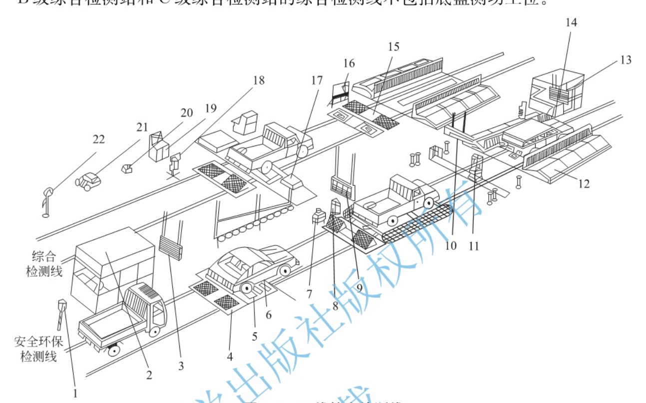


图 2.4　双线综合检测线

1—进线指示灯；2—进线控制室；3—L 工位检验程序指示器；4、15—侧滑试验台；5—测试台；6—车速表试验台；7—烟度计；8—排气分析仪；9—ABS 工位检验程序指示器；10—HX 工位检验程序指示器；11—前照灯检测仪；12—地沟系统；13—主控制室；14—P 工位检验程序指示器；16—前轮定位检测仪；17—底盘测功工位；18、19—发动机综合测试仪；20—机油洁净性分析仪；21—就车式车轮平衡机；22—轮胎自动充气机

2.1.4　汽车检测站各工位的设备及检测项目

1. 安全环保检测线

以五工位全自动安全环保检测线为例，主要设备中不包括软件。

1）汽车资料输入及安全装置检查工位

本工位除将汽车资料输入微机并发送给检测线主控微机外，还进行汽车上部的灯光和安全装置等项目的外观检查(Lamps and Safety Device Inspection)，可简称为 L 工位。

(1) 主要设备有 10 种。

① 进线指示灯。

② 汽车资料登录微机、键盘及显示器。

③ 工位测控微机。

④ 检验程序指示器。

⑤ 轮胎自动充气机。

⑥ 轮胎花纹测量器。

⑦ 检测手锤。

⑧ 不合格项目输入键盘。

⑨ 电视摄像机。

⑩ 光电开关。

(2) 检查项目。由检查人员人工检查汽车上部的灯光、安全装置、防护装置、操纵装置、工作仪表和车身等是否装备齐全、工作正常、连接可靠和符合规定。检查的重点是灯光和安全装置。汽车上部外观检查项目见表 2-1。

表 2-1　汽车上部外观检查项目

序号	检查项目	序号	检查项目
1	远光灯	16	离合器、变速器
2	近光灯	17	制动踏板自由行程
3	制动灯	18	驻车制动操纵杆
4	倒车灯	19	转向器自由转动量
5	牌照灯	20	油箱、油箱盖
6	示宽灯、辅助灯、标志灯	21	挡泥板
7	室内灯	22	防护网及连接装置
8	车厢、座位	23	电器导线
9	车门、车窗	24	起动机
10	车身、漆面	25	发电机、蓄电池
11	后视镜、下视镜、侧视镜	26	灭火器
12	挡风玻璃	27	仪表、仪表灯
13	刮雨器	28	机油低压报警器
14	喇叭	29	半轴螺栓
15	轮胎、轮胎螺栓	30	坐椅安全带

2) 侧滑制动车速表工位

本工位由侧滑检测(Alignment Inspection)、轴重检测(Wight Inspection)、制动检测(Brake Test)和车速表检测(Speedometer Test)组成。简称为 ABS 工位。

(1) 主要设备有如下 8 种。

① 工位测控微机。

② 侧滑试验台。

③ 轴重计或轮重仪(与反力式滚筒制动试验台配套使用。若反力式滚筒制动试验台本身配备轴重测量装置或采用惯性式平板制动试验台，则不必再配备轴重计或轮重仪)。

④ 制动试验台。

⑤ 车速表试验台及车速检测申报开关(或遥控器)。

⑥ 检验程序指示器。

⑦ 光电开关。

⑧ 反光镜。

(2) 检测项目有 5 种。

① 检测前轮侧滑量。

② 检测各轴轴重。

③ 检测各轮制动拖滞力和制动力。

④ 检测驻车制动力。

⑤ 检测车速表指示误差。

3) 灯光尾气工位

本工位主要由前照灯检测(Head Light Test)、排气检测(Exhaust Gas Test)、烟度检测(Diesel Smoke Test)和喇叭声级检测(Noise Test)组成，简称 HX 工位。

(1) 主要设备有 8 种。

① 工位测控微机。

② 前照灯检测仪。

③ 排气分析仪和烟度计。

④ 声级计。

⑤ 检验程序指示器。

⑥ 停车位置指示器。

⑦ 光电开关。

⑧ 反光镜。

(2) 检测项目有 3 种。

① 检测前照灯发光强度和光轴偏斜量。

② 检测汽油车怠速排放污染物或柴油车自由加速烟度。

③ 检测喇叭声级。

4) 车底检查工位

车底检查(Pit Inspection)工位，可简称为 P 工位。

(1) 主要设备有 9 种。

① 工位测控微机。

② 检验程序指示器。

③ 地沟内举升平台。

④ 检测手锤。

⑤ 不合格项目输入键盘。

⑥ 对讲话筒及扬声器。

⑦ 光电开关。

⑧ 车辆到位报警灯或报警器。

⑨ 地沟内电视摄像机。

(2) 检测项目。本工位是车辆底部的外观检查，由检测人员在地沟内人工检查底盘各装置及发动机的连接是否牢固可靠，有无弯扭断裂、松旷及漏油、漏水、漏气、漏电等现象。车底检查项目见表 2-2。

表 2-2　车底检查项目

序号	检 查 项 目	序号	检 查 项 目
1	发动机及其连接	16	油路、气路、电路
2	车架	17	储气筒
3	前梁	18	传动轴、万向节、伸缩节
4	转向器的转向轴及其万向节	19	中间支承
5	转向器支架	20	离合器及操纵机构
6	转向垂臂	21	变速器
7	转向器	22	主传动器
8	转向主销及其轴承	23	减振器
9	纵横拉杆	24	钢板弹簧夹及 U 形螺栓
10	前悬挂连接	25	排气管及消声器
11	前吊耳销子	26	制动系系拉杆、驻车制动器
12	后悬挂连接	27	后桥壳
13	后吊耳销子	28	缓冲器、保险杠、牵引钩
14	各部杆系	29	漏油、漏水、漏气、漏电
15	各种软管	30	油箱、蓄电池等的固定

5）综合判定及主控制室工位

（1）主要设备有 5 种。

① 主控制微机、键盘及显示器。

② 打印机。

③ 监察电视(电视摄像机显示器)。

④ 控制台及主控制键盘。

⑤ 稳压电源和不间断电源。

（2）检测项目。汽车到达本工位时检测项目已全部检测完毕，主控制微机对各工位检测结果进行综合判定后，由打印机集中打印检测结果报告单，并由检测长交给被检车驾驶员。

全自动安全环保检测线的主要设备及其作用见表 2-3。除表中所列主要设备外，还可以选购内部电话或对讲设备、空调机和设备校准装置等。表列设备中，侧滑试验台、轴重计或轮重仪、制动试验台、车速表试验台、前照灯检测仪、排气分析仪、烟度计、声级计和检测手锤为检测设备。

2. 综合检测线

以如图 2.1 所示双线综合检测线为例介绍综合检测线。

双线综合检测线的主要设备及其作用见表 2-4。

表 2-3 全自动安全环保检测线的主要设备及其作用一览表

序号	设备名称	用途
1	进线指示灯	控制进线车辆，绿灯进，红灯停
2	汽车资料登录微机	登录汽车资料，并发送给主控制微机
3	工位测控微机	担负工位检测过程控制，数据采集与处理等项工作
4	检验程序指示器	指示工位检测程序，下达操作指令显示检测结果，引导车辆前进
5	轮胎自动充气机	按设定的轮胎气压自动充气
6	轮胎花纹测量器	测量轮胎花纹深度
7	检测手锤	检查各连接件、车架等是否松动或开裂
8	不合格项目输入键盘	将车上、车下外观检查中的不合格项目报告主控制微机
9	摄像机及监察电视	供主控制室的检测长监察地沟及整个检测线的工作情况
10	侧滑试验台	检测转向轮侧滑量
11	轴重计或轮重仪	检测各轴轴重
12	制动试验台	检测各轮拖滞力、制动力和驻车制动力
13	车速表试验台	检测车速表指示误差
14	车速表检测申报开关或遥控器	当试验车速达 40km/h 时按下此开关或遥控器，微机采集此时的实际车速数据
15	光电开关	当车轮遮挡光电开关时，光电开关产生的信号输入微机，报告车辆到位，微机安排检测开始
16	反光镜	供驾驶员观察车轮到达试验台或停车线的位置
17	前照灯检测仪	检测前照灯发光强度和光轴偏斜量
18	排气分析仪	检测汽油机排气中的 CO 和 HC 的浓度
19	烟度计	检测柴油车排气中的自由加速烟度
20	声级计	检测喇叭声级
21	停车位置指示器	指引汽车在灯光尾气工位停车线上准确停车
22	地沟内举升平台	使地沟内的检测人员在高度上处于最有利的工作位置
23	对讲话筒及扬声器	用于地沟上下的通话联系
24	地沟内报警灯或报警器	报告车辆到达车底检查工位
25	主控制微机	安排检测程序，对照检测标准，综合判定并存储、打印检测结果
26	打印机	打印检测结果报告单
27	控制台	主控制微机、键盘、显示器、打印机、监察电视等均安放在控制台上，是全线的控制中心
28	主控制键盘	当微机系统出现故障不能使用时，可通过主控制键盘对各工位实施控制，以不间断检测工作
29	稳压电源和不间断电源	稳定电压，不间断供电

表 2-4　双线综合检测线的主要设备及其作用一览表

序号	设备名称	用　途
1～29 项设备与表 2-3 所列同		
30	地沟上举升器	举起车辆，使车轮离地
31	就车式车轮平衡机	就车检测车轮不平衡量，并通过配重使车轮平衡
32	声发射探伤仪	在汽车不解体情况下探测零件的裂纹和损伤
33	四轮定位仪或车轮定位检测仪	检测车轮前束值、车轮外倾值和主销后倾值、主销内倾值及前轮最大转向角度值
34	转向盘自由转动量检测仪	检测转向盘自由转动量
35	转向盘转向力检测仪	检测转向盘转动力
36	传动系游动角度检测仪	检测传动系自由转动量
37	底盘间隙检测仪	检测轮毂轴承、转向节主销、纵横拉杆和钢板弹簧销等处的间隙
38	发动机综合参数测试仪	对汽、柴油发动机的功率、气缸压力、点火正时、供油正时、点火系技术状况、供油系技术状况、电控系统和异响等进行检测、分析和判断
39	电控系统检测仪	包括读码器、解码器、扫描器、专用诊断仪、示波器、分析仪、信号模拟器和综合测试仪等，用于对汽车电控系统的检测诊断
40	电器综合测试仪	检测电器设备的技术状况
41	气缸压力测试仪或气缸压力表	检测气缸的压缩压力
42	气缸漏气量(率)测试仪	检测气缸的漏气量或漏气率
43	真空表或真空测试仪	检测进气管真空度，用于评价气缸密封性
44	油耗计	检测燃油消耗量
45	五气体分析仪	检测排气中的 CO、HC、NO_x、CO_2 和 O_2
46	机油洁净性分析仪	分析机油的清净性程度
47	发动机无负荷测功仪	对发动机进行无负荷加速测功
48	发动机异响分析仪	诊断发动机异响
49	传动系异响分析仪	诊断传动系异响
50	温度计或温度仪	检测各总成温度和发动机的排气温度

1）外观检查及车轮定位工位

外观检查及车轮定位工位包括车上、车底外观检查和前轮定位检测。

(1) 主要设备有 12 种。

① 轮胎自动充气机。

② 轮胎花纹测量器。

③ 检测手锤。

④ 地沟内举升平台和地沟上举升器。

⑤ 就车式车轮平衡机。

⑥ 声发射探伤仪。

⑦ 侧滑试验台。
⑧ 四轮定位仪或车轮定位检测仪。
⑨ 转向盘自由转动量检测仪。
⑩ 转向盘转向力检测仪。
⑪ 传动系游动角度检测仪。
⑫ 底盘间隙检测仪。
(2) 检测项目有 10 种。
① 车上、车底外观检查项目与全自动安全环保检测线同。
② 就车检测车轮不平衡量并平衡之。
③ 对转向节枢轴等安全机件进行探伤。
④ 检测前轮侧滑量。
⑤ 检测前轮最大转向角、主销后倾角、主销内倾角，视需要检测前轮前束值和前轮外倾值。
⑥ 检测后轮前束值和后轮外倾角。
⑦ 检测转向盘自由转动量。
⑧ 检测转向盘转向力。
⑨ 检测传动系游动角度。
⑩ 检测轮毂轴承、转向节主销、纵横拉杆和钢板弹簧销等处的底盘松旷量。
2) 制动工位
(1) 主要设备有 2 种。
① 轴重计或轮重仪(与反力式滚筒制动试验台配套使用。若反力式滚筒制动试验台本身配备轴重测量装置或采用惯性式平板制动试验台，则不必再配备轴重计或轮重仪)。
② 制动试验台。
(2) 检测项目有 3 种。
① 检测各轴轴重。
② 检测各轮制动拖滞力和制动力，按制动曲线分析制动过程。
③ 检测驻车制动力。
3) 底盘测功工位
本工位能模拟汽车道路行驶，可组织较多的检测设备同时或交叉地对汽车发动机、底盘、电气设备和车身等进行动态综合检测诊断。配备的设备越多，能检测诊断的项目也越多。
(1) 主要设备有 16 种。
① 底盘测功试验台。
② 发动机综合参数测试仪(汽、柴油机合一或分开)。
③ 电控系统检测仪。
④ 电器综合测试仪。
⑤ 气缸压力测试仪或气缸压力表。
⑥ 气缸漏气量(率)测试仪。
⑦ 真空表或真空测试仪。
⑧ 油耗计。
⑨ 五气体分析仪。

⑩ 烟度计。
⑪ 声级计。
⑫ 机油洁净性分析仪。
⑬ 发动机无负荷测功仪。
⑭ 发动机异响分析仪。
⑮ 传动系异响分析仪。
⑯ 温度计或温度仪。
(2) 检测项目有 6 种。

① 检测驱动车轮的输出功率或驱动力，模拟车辆各种速度行驶，进行加速性能、等速性能和滑行性能等性能试验，检测 100km 耗油量和经济车速等。

② 对点火系、供油系、冷却系、润滑系、传动系、行驶系、电气设备、车身等技术状况进行检测、分析和判断。

③ 对装配点燃式发动机的车辆，根据不同类型，进行怠速试验、双怠速试验和加速模拟工况试验。根据怠速或其他工况排放的 CO、HC、NO、CO_2 和 O_2 浓度，分析空燃比、燃烧状况、气缸密封性和污染等状况。

④ 对装配压燃式发动机的车辆，根据不同类型，进行自由加速排气可见污染物试验、自由加速烟度试验，分析空燃比、燃烧、气缸密封性和污染等状况。

⑤ 检测、分析并判断发动机和传动系异响。

⑥ 检测各总成温度和发动机排气温度。

当该工位上的有些项目检测时间过长时，也可在前面的工位上提前进行。例如，机油洁净性分析完全可以在第一工位上对机油取样，接着到分析仪上进行分析。以平衡与其他项目的检测进度。

在综合检测线上，允许对车辆进行必要的调试。如调试时间太长，应出线并在维修(或调试)车间内进行。

当在综合检测线上进行安全环保检测时，应按安全环保检测线规定的项目进行。

2.2　汽车检测站检测工艺

汽车进入检测站后，在站内、线内只有按照规定的检测工艺路线和检测工艺程序流动，才能完成整个检测过程。

2.2.1　检测站工艺路线

1. 检测站工艺路线

对于一个独立而完整的检测站，汽车进站后的工艺路线流程如图 2.5 所示。

2. 检测线工艺路线

检测线的工位布置是固定的，进线检测的汽车按工位顺序流水作业。

1) 安全环保检测线

(1) 手动式。以如图 2.1 所示的安全环保检测线为例，其工艺路线流程如图 2.6 所示。

（2）全自动式。以如图 2.2 所示的安全环保检测线为例，其工艺路线流程如图 2.7 所示。

2）综合检测线

以如图 2.1 所示的全能综合检测线为例，其工艺路线流程如图 2.8 所示。

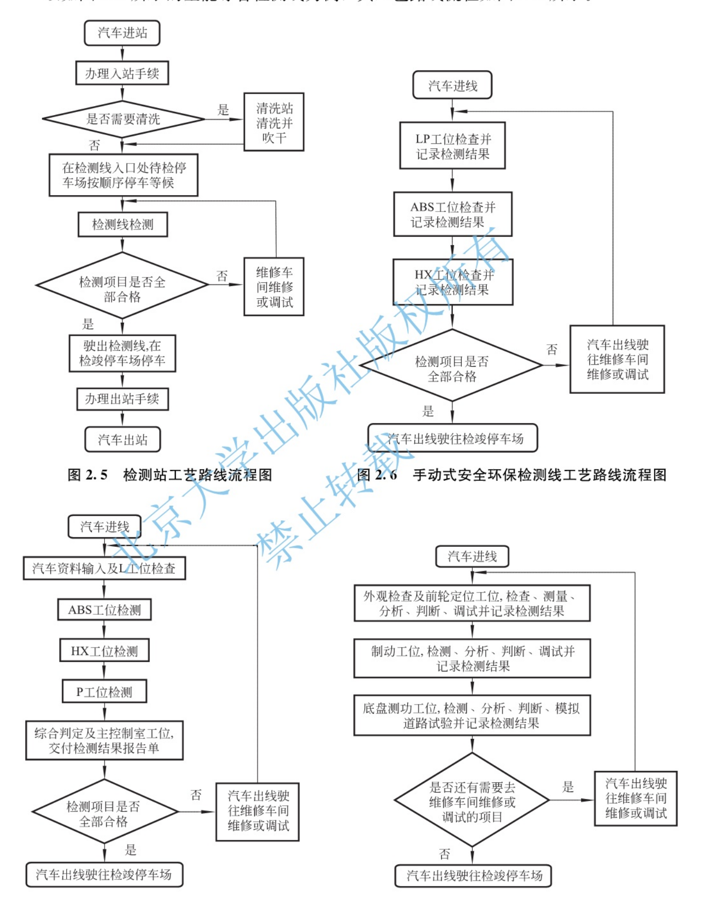


图 2.5　检测站工艺路线流程图

图 2.6　手动式安全环保检测线工艺路线流程图

图 2.7　全自动安全环保检测线工艺路线流程图

图 2.8　全能综合检测线工艺路线流程图

以上所介绍的安全环保检测线与全能综合检测线的工艺路线，均为全工位检测工艺路线。经维修、调试后复检的车辆，只需检测不合格项目，往往在有关的工位上就有关项目再检测一次，其他工位仅仅流过而已，无需再全面检测一遍。在综合检测线上，并不一定所有的车辆都执行全工位检测工艺路线。若根据车辆状况或应车主要求只进行单工位或双工位检测时，仅制定单工位或双工位检测工艺路线即可，不必制定全工位检测工艺路线。

2.2.2　检测工艺程序

以图 2.2 所示的五工位全自动安全环保检测线的全工位检测为例，并参见图 2.4 的安全环保双线综合检测站。

1. 汽车资料输入及 L 工位

1) 汽车资料输入

汽车资料登录微机一般放置在进线控制室或检测线入口处的左侧，由登录员操作。经过清洗并已吹干的汽车，在检测线入口处等候进线。此时的汽车驾驶员在国外多为原车驾驶员，在国内多为站内的引车员。如系原车驾驶员，在等候期间要读懂挂于门前的入站规则。进线指示灯红色为等待，绿色(或蓝色)为开进。当绿色指示灯亮时，汽车进入检测线停在第一工位上，由登录员根据行车执照和报检单，向登录微机输入牌照号码、厂牌车型、车主单位或车主姓名、发动机号码、底盘号码、灯制、驱动型式、车辆状况(新车、在用车)、检验类型(初检、复核)、燃料(汽油、柴油)和检测项目(全部检测、某项检测)等资料，并发往主控制微机，由主控制微机安排检测程序。此时，进线指示灯由绿色转为红色。当汽车在本工位检查完毕驶往下一工位并遮挡下一工位光电开关时，进线指示灯又由红色转为绿色。

国内的检测线有不少是在汽车进线前就已经将有关资料输入微机的。此后，当第一工位空位时，登录员及时将输入的资料发往主控制微机，由主控制微机安排检测程序。此时，绿色指示灯亮，允许被登录的汽车进入检测线。当进线汽车遮挡第一工位光电开关时，通知微机车辆到达第一工位，进线指示灯转为红色。

2) L 工位检查

汽车在本工位停稳后，由检查人员按规定项目进行车上部外观检查。此时，驾驶员要始终注视前上方的工位检验程序指示器(图 2.4 之 3)，并按该指示器的指示操作有关机件，以配合检查人员的检查。工位检验程序指示器有灯箱式、彩色显示器式和电子灯阵式 3 种形式，本教材采用灯箱式。L 工位检验程序指示器面板图如图 2.9 所示。

<table>
<tr><td>前照灯</td><td>变光灯</td><td colspan="2">前副灯</td></tr>
<tr><td>车宽标志灯</td><td>制动灯</td><td colspan="2">倒车灯</td></tr>
<tr><td>转向灯</td><td>停车灯</td><td colspan="2">报警灯</td></tr>
<tr><td>刮雨器</td><td>喇叭</td><td colspan="2">非常信号装置</td></tr>
<tr><td colspan="2">安全装置</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td colspan="4">前进</td></tr>
</table>

图 2.9　L 工位检验程序指示器面板图

在本工位检查中，若有不合格项目，可通过不合格项目输入键盘报告主控制微机，并在检查完毕后及时按下该键盘上的“检查结束”键，否则主控制微机将一直等待。主控制微机判定检查结果时，只要有一项不合格，即判定安全装置检查不合格，并将检查结果分别在主控制室的主控制微机显示器(以下简称微机显示器)上和本工位检验程序指示器上同时显示。当显示“○”时为合格，显示“×”时为不合格。

如果下一工位空闲，则本工位检验程序指示器显示“前进”二字。驾驶员将汽车开入下工位。于是本工位又空位，等待下一辆汽车进入。

2. ABS 工位

ABS 工位检测项目介绍如下。

1) 侧滑量检测

汽车沿地面标线，以 3～5km/h 的车速匀速通过侧滑试验台。通过时汽车应垂直于侧滑板，不可转动转向盘。当汽车前轮切断侧滑试验台入口的光电开关时，光电开关输出的电信号通知微机，微机开始采集车轮侧滑量数据。当汽车前轮切断侧滑试验台出口的光电开关时，数据采集结束，并以此期间侧滑板的最大位移量作为侧滑数据，并经主控制微机判断是否合格，然后将检测结果在主控制室微机显示器和本工位检验程序指示器(图 2.4 中 9)上同时显示。本工位检验程序指示器面板图如图 2.10 所示。当“侧滑试验台”栏内显示“○”时为合格，显示“×”时为不合格。

<table>
<tr><td colspan="3">侧滑试验台</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>前制动</td><td rowspan="3">放开</td><td rowspan="3">踏下</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>中间制动</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>后制动</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>驻车制动</td><td>拉紧</td><td>松开</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td rowspan="2">车速表试验台</td><td colspan="4">40km/h 按下申报开关</td></tr>
<tr><td colspan="2">踩制动踏板</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td colspan="3">前进</td><td colspan="2">再检一次</td></tr>
</table>

图 2.10　ABS 工位检验程序指示器面板图

2) 制动力检测

以反力式滚筒制动试验台(以下简称制动试验台)为例，当制动试验台前设有轴重计或轮重仪时，汽车被检车轴应先称重然后再驶上制动试验台测制动力。称重时被检车轴驶上轴重计或轮重仪并遮挡光电开关，报告微机车辆到位，车轴重力通过压力传感器变成电信号供微机采集。然后，该车轴驶上制动试验台测制动力。

若制动试验台本身带有轴重测量装置，则在其前面不再设有轴重计或轮重仪。汽车检测前轮侧滑量后，其前轴直接开到制动试验台上，先称重后测制动力，其工艺程序如下所述。

汽车左右车轮驶入制动试验台两滚筒之间并遮挡光电开关，微机确认车辆到位，安排称重和制动检测，其步骤如下。

(1) 降下制动试验台举升器。

(2) 测量轴重。

(3) 起动制动试验台电动机。

(4) 在制动踏板放松的情况下，采集左、右车轮的制动拖滞力。

(5) 用力踩下制动踏板，采集左、右车轮的最大制动力，至滚筒停转时采集结束。

(6) 拉紧驻车制动器，采集左、右车轮最大制动力(只有与驻车制动器相连的车轴才进行此项检测)。

(7) 主控制微机判定检测结果，并分别在主控制室的微机显示器和工位检验程序指示器有关栏目内同时显示。同样，显示“○”为合格，显示“×”为不合格。

(8) 检测结果不合格时，微机安排“再检一次”。

(9) 升起制动试验台举升器，该轴驶出，另一轴驶入，按同样程序检测。

主控制微机将采集到的数据按下列公式计算，然后与国家标准对照，判定制动是否合格。

$$\text{轮拖滞力与轴荷的百分比}=\frac{\text{轮拖滞动力}}{\text{轴荷}}\times 100\%$$

$$\text{轴制动力与轴荷的百分比}=\frac{\text{左轮制动力}+\text{右轮制动力}}{\text{轴荷}}\times 100\%$$

$$\text{全车制动力总和与整车重量的百分比}=\frac{\text{全车制动力总和}}{\text{整车重量}}\times 100\%$$

检测中，汽车驾驶员要始终注视前上方的检验程序指示器，并按其上的指令操作。

检测多轴汽车并装轴(如三轴汽车的中轴和后轴)的制动力时，可采用使制动试验台左右两组滚筒旋转方向不同的方法进行，并且只采集车轮正转时的制动数据。即制动试验台带动右轮正转左轮反转时，只采集右轮制动时的数据，带动右轮反转左轮正转时，只采集左轮制动时的数据。可以看出，两次测试中左、右车轮旋转方向不同，由于驱动桥差速器行星齿轮的自转作用，另一在制动试验台之外的驱动桥并不驱动，无须在制动试验台前后设置自由滚筒。可见，用该法检测多轴汽车并装轴的制动力时，可免去制动试验台前后两组共计 8 个自由滚筒，不仅节省了设备购置费，而且减小了设备占地面积，使检测线造价大大降低。

3) 车速表指示误差检测

将与车速表传感器相连的车轴开上车速表试验台，车轮遮挡光电开关，微机确认车辆到位，落下举升器。驾驶员把垂吊在汽车左侧的车速检测申报开关或遥控器持于手中，变速杆置于最高挡位，按照检验程序指示器的指令，匀速地将汽车加速至 40km/h(驾驶室内车速表指示值)，待指针稳定后按下车速检测申报开关或遥控器。微机采集此时的实际车速数据(车速表试验台测量值)，并传输给主控制微机判定检测结果，如不合格，则安排“再检一次”。检测结果在主控制室的微机显示器和工位检验程序指示器有关栏目内同时显示。同样，显示“○”为合格，显示“×”为不合格。

按下车速检测申报开关后，即可踩下制动踏板使车轮与滚筒迅速减速。当工位检验程序指示器显示“前进”指令时，汽车开往下一工位。

4) 本工位检测程序说明

在本工位检测的汽车，由于其轴制、驱动形式和驻车制动器安装位置不同，因而它们的检测程序也不一样。

(1) 四轮汽车(后驱动、后驻车)。

侧滑—前制动—后制动—驻车制动—车速表。

(2) 四轮汽车(前驱动、前驻车)。

侧滑—前制动—驻车制动—车速表—后制动。

(3) 四轮汽车(前驱动、后驻车)。

侧滑—前制动—车速表—后制动—驻车制动。

(4) 六轮汽车(前双轴、后单轴、后驱动、后驻车)。

侧滑—前制动—中制动—后制动—驻车制动—车速表。

(5) 六轮汽车(前单轴、中单轴、后单轴、中驱动、中驻车)。

侧滑—前制动—中制动—驻车制动—车速表—后制动。

(6) 六轮汽车(前单轴、中后并装双轴、中后驱动、中后驻车)。

侧滑—前制动—中制动—驻车制动—后制动—车速表。

最后一种汽车的车速表检测，必须在制动试验台与车速表试验台之间装备一组自由滚筒，否则该项不能检测。

上述常见类型的汽车与对应程序非常重要，如果进线时汽车资料输入错误，则会导致检测程序混乱。

当本工位检验程序指示器显示“前进”二字时，汽车开入下一工位。

3. HX 工位

HX 工位的检测项目介绍如下。

1) 前照灯检测

汽车沿地面标线缓慢驶入本工位。注意汽车应与前照灯检验仪的导轨保持垂直，并按引导指示器的指令在停车线上停车。这种引导指示器与两组光电开关(入口光电开关和出口光电开关)相互配合，引导汽车“前进”、“停车”和“后退”。当汽车还未到达停车线时，引导指示器亮出“前进”二字，指引汽车前进；当汽车前照灯遮挡入口光电开关时，引导指示器立即亮出“停车”二字，指令汽车停车。此时，汽车停在停车线上，前照灯与前照灯检测仪受光器的距离符合检测要求。如果汽车未及时停住，越过了停车线并遮挡了出口光电开关，则引导指示器亮出“后退”二字，指引汽车后退，直至出口光电开关又导通，引导指示器又显示“停车”二字，汽车立即停车即会符合检测要求。

汽车停在停车线上，微机确认车辆到位，安排检测程序。本工位检验程序指示器(图 2.4中 10)指令驾驶员打开远光灯(电源系统应处于充电状态)，前照灯检测仪从护栏内自动驶出，分别对前右灯和前左灯进行发光强度和光轴照射方向的检测。当前照灯发光强度不够或无明显光轴时，前照灯检测仪无法自动跟踪光轴，此时需要主控制室人工操作主控制键盘上的辅助控制键，辅助前照灯检测仪的受光器进入光轴投射区，以便实施跟踪。HX 工位检验程序指示器的面板图如图 2.11 所示。

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">上</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">开远光灯</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">上</td><td rowspan="2"></td><td colspan="3">插入探头</td></tr>
<tr><td colspan="3">检查中</td></tr>
<tr><td rowspan="2">左</td><td rowspan="2">光</td><td rowspan="2">右</td><td rowspan="2">检查中</td><td rowspan="2">左</td><td rowspan="2">光</td><td rowspan="2">右</td><td colspan="3">取出探头</td></tr>
<tr><td>CO</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td rowspan="2">○</td><td rowspan="2">下</td><td rowspan="2">×</td><td rowspan="2">前进</td><td rowspan="2">○</td><td rowspan="2">下</td><td rowspan="2">×</td><td>HC</td><td>○</td><td>×</td></tr>
<tr><td>按喇叭</td><td>○</td><td>×</td></tr>
</table>

图 2.11　HX 工位检验程序指示器面板图

前照灯检测仪跟踪到前照灯光轴后，进行数据采集，并传输给主控制微机分析判断。检测结果在主控制室微机显示器和工位检验程序指示器上，发光强度以“○”(合格)或

“×”(不合格)的方式同时显示。光轴照射方向以上、下、左、右光的方式显示。

前右灯的检测结果一经显示，前照灯检测仪使自动移至前左灯，以同样的方法检测发光强度和光轴照射方向，显示检测结果后自动驶回护栏内。

左、右前照灯中有一项不合格，前照灯的综合判定即为不合格。

2）排气或烟度检测

汽车在前照灯检测停车线上停车后，微机确认车辆到位，安排尾气检测程序。

如果是汽油车，由本工位检验程序指示器指令检测员或汽车驾驶员(须下车)将排气分析仪探头插入怠速运转的汽车排气管中，抽取气样。排气分析仪将分析出的 CO 和 HC 浓度转变成电信号供微机采集。微机判定后分别在主控制室微机显示器和工位检验程序指示器上同时显示检测结果。未采集到数据时，检测结果不显示。为此，车辆到位后根据指令应及时将排气分析仪探头插入排气管规定深度，以免错过采集时机。

如果是柴油车，根据如图 2.12 所示的烟度检验程序指示器指令，检测员或汽车驾驶员将烟度计探头插入怠速运转的柴油车排气管规定深度，先做 3 次自由加速的预动作，以熟悉加速方法并把排气管内的炭渣等积存物吹掉，然后在加速踏板上安置踏板开关，再按指令和操作规程进行 4 次自由加速。烟度计自动完成抽气取样、烟度检测和清洗等动作，并将烟度转变成电信号供微机采集。微机以后 3 次采集的数据的平均值作为自由加速烟度检测值，判定后分别在主控制室微机显示器上和烟度检验程序指示器上同时显示检测结果。同样，以“○”(合格)或“×”(不合格)的方式显示。在烟度检测操作过程中，加速运转和怠速运转的时间由微机通过烟度检验程序指示器上指令显示的时间间隔进行控制，只要严格、及时地按指令操作，即可保证操作规程顺利执行。

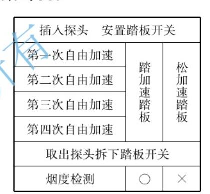


图 2.12　烟度检验程序指示器面板图

3）喇叭声级检测

汽车在前照灯检测停车线上停车后，微机确认车辆到位，安排喇叭声级检测程序。将声级计连同其支架移至汽车正前方对正汽车，且声级计应平行于地面，其传声器距汽车 2m，距地面 1.2m。驾驶员按工位检验程序指示器的指令按下喇叭3～5s，声级计测量此时的声级并将其电信号输入微机供采集数据。微机判定后在主控制室微机显示器和工位检验程序指示器上同时显示检测结果。同样，显示“○”为合格，显示“×”为不合格。

本工位的前照灯检测、排气或烟度检测和喇叭声级检测，既可安排同步进行，也可安排按一定顺序进行。一般情况下，前照灯检测与尾气检测可同步进行，喇叭检测则安排在这之前或之后进行。

当本工位检验程序指示器显示“前进”二字时，汽车开入下一工位。

4. P 工位

汽车沿地面标线驶入本工位。当汽车遮挡本工位入口光电开关时，通知微机车辆到位，同时地沟内报警灯闪烁或报警器响，通知地沟内检查人员车辆到达本工位。汽车停在地沟上，由检查人员按规定项目进行车辆底部人工检查。此时，驾驶员要始终注视前上方的工位检验程序指示器(图 2.4 中 14)，并按其上的指令操纵有关机件，以配合检查员的检查。

P工位检验程序指示器的指令由检查人员手持有线按钮盒或红外遥控器控制。除此之外，检查人员还可通过地沟内的话筒和地沟上的扬声器通知驾驶员与其配合，以完成检验程序指示器指令之外的检查项目。检查中，若有不合格项目，可通过不合格项目输入键盘报告主控制微机，并在检测完毕后及时按下该键盘上的“检查结束”键，通知微机车底检查结束，否则主控制微机将一直处于等待状态。主控制微机判定检查结果时，只要有一项不合格，即判定车底检查不合格。同样，检查结果在主控制室微机显示器和工位检验程序指示器上同时显示。显示“○”为合格，显示“×”为不合格。

地沟内的检查人员，可随时通过脚踏开关调节地沟内举升平台的高度，以使两手处于最有利的操作位置。

当本工位检验程序指示器显示“前进”二字时，将车开入下一工位。

5. 综合判定及主控制室工位

汽车进入本工位，主控制微机根据该车在前四个工位的检查结果进行综合判定。在L检查、ABS检测、HX检测和P检查各检测项目中，只有各项均合格，整车检测的总评价才判为合格；只要有一项不合格，则总评价判为不合格。

主控制微机将汽车资料、检测项目、检测结果及整车检测总评价等进行存储并发往打印机，由打印机在先期印刷成一定格式的打印纸上自动打印出检测结果报告单。在检测结果报告单上，各检测项目的检测结果和整车总评价，在对应的栏目内，合格为“○”，不合格为“×”。驾驶员拿到检测结果报告单后，立即将汽车驶出检测线，全线检测结束。

上述全自动五工位安全环保检测线可同时检测5辆汽车，检测节奏为4分钟/辆左右。如果采用同样功能的双线系统(图2.2)，配备5名检测员，每日实际工作7h，可日检测200余辆次汽车，全年可检测5万余辆次汽车，工作效率极高。由于自动化程度高，各工位检验程序指示器又十分醒目，因而原车驾驶员在读懂入站规则后，可驾车进入检测线，不一定非要配备专职引车员。

对于手动控制的安全环保检测线，各工位上的检测设备均要配备自身的指示装置。当汽车流经每一检测设备时，由检测人员手动操作，目视读数，大脑判定和笔录检测结果，工作效率远不如全自动检测线，且检测结果有可能出现人为因素等差错。

对于综合检测线，由于汽车技术状况不同，检测目的不同，因而检测、诊断、调试的项目和深度也就不同。有的少至几项，有的多达几十项，不像安全环保检测线那样服务对象单纯，检测项目统一。可见，综合检测线很难实现微机自动控制，多为手动操作各检测设备，检测程序也要视具体情况而定。

检测线上主要检测设备的结构、工作原理和使用方法，在后续各章节中介绍。

2.3 汽车检测线的控制系统

全自动检测线与手动检测线的最大区别是增加了一套微机控制系统。

2.3.1 控制系统的功能和要求

1. 功能

微机控制系统具有如下功能。

（1）能输入、传输、存储、查询、打印汽车资料。

（2）除车上、车底外观检查，汽车资料输入，插入与取出排气分析仪（或烟度计）探头，以及移动声级计等工作仍需人工操作外，其余各检测项目均能由微机实现全自动控制。即检测设备的运行自动控制，数据的采集、处理、判定、显示、打印、存储、统计等，均能自动进行。

（3）检测结果既能在主控制室的微机显示器上以数据、图表、曲线等方式进行动态显示，又能在微机显示器和工位检验程序指示器上以合格为“○”、不合格为“×”或直接用文字显示，并能集中打印检测结果报告单。

（4）主控制室能对全线实行监控和调度。

（5）具有指令汽车驾驶员（或汽车引车员）操作的检验程序指示器（灯箱、彩色显示器或电子灯阵）。

（6）具有丰富的软件功能。

2. 要求

微机控制系统的要求有以下几点。

（1）可靠性要高。要求微机控制系统的平均无故障时间能达到数千小时以上，并设有自检和自诊断系统，以便故障出现后实现快速诊断。

（2）适应性要强。检测线内的工作环境比较恶劣，表现为电源电压波动、各用电设备相互干扰、汽车运转造成振动与噪声、排气污染、尘埃污染以及温度和湿度不易控制等，因而微机控制系统应有较强的环境适应性。在恶劣环境中仍能正常工作。另外，汽车种类繁多，检测线类型设计不一，微机控制系统还应能满足多种类型汽车的检测诊断，并能根据用户要求装配成不同工位安排、不同检测诊断项目、不同检测诊断工艺、不同规模和不同档次的系统。

（3）使用方便性要好。微机控制系统应能满足人机对话方便，操作简单易学，显示直观明了，汉字显示，数据易存、易查，组线灵活以及维修、管理方便等要求。

（4）经济性要好。在不影响功能的前提下，微机控制系统要尽量降低造价，提高检测效率，缩短汽车在线时间，并尽量使用国产器材。

（5）在实时响应、系统配套、系统扩充、系统通信和软件支持等方面，微机控制系统应有较强的功能。

（6）除微机控制系统对全线的自动控制外，尚应在主控制室内的主控制键盘上，设置自动/手动开关和一套手动操作键盘，以便必要时对前照灯检测仪辅助操作和当无法实现全自动检测时对全线检测设备实施手动操作。

国产 CAISM 全自动检测系统的主控键盘面板图如图 2.13 所示，其上的大灯仪操作键区和设备操作键区均为手动操作键盘。

2.3.2　控制系统的组成

微机控制系统由硬件部分和软件部分组成。硬件部分由微机设备和辅助设备组成。其中，微机设备由主控制微机、工位测控微机、汽车资料登录微机和打印机等组成；辅助设备由控制台及主控制键盘、稳压电源、不间断电源、摄像机及显示器、工位检验程序指示器、光电开关、停车位置指示器、报警灯或报警器、不合格项目输入键盘、车速申报开关

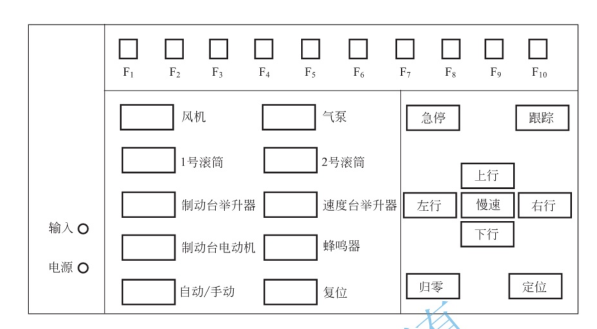


图 2.13　国产 CAISM 全自动检测系统的主控键盘面板图

或遥控器、进线指示灯、工作台与坐椅等组成。

主控制微机、工位测控微机和汽车资料登录微机一般以 PC 为主。

软件部分中除检测程序外，一般还包括数据库管理、设备标定程序、检测诊断标准修正程序和系统自检、自诊断与维护等程序。其中，数据库管理能将已经检测过的全部车辆的数据存档，能按照检测序号、牌照号码或检测日期等进行查询、检索、统计和打印。

2.3.3　控制系统的控制方式

微机控制系统有集中式、接力式和分级分布式等控制方式。

1. 集中式

集中式控制方式由主控制微机单独完成。除汽车资料输入由登录微机完成并发往主控制微机外，各工位的检测信号经放大后也都直接送往主控制微机。全线的数据采集、处理、判定、显示、打印、存储、统计和检测过程控制等全部工作均由主控制微机完成，其框图如图 2.14 所示。这种方式的优点是结构简单，价格低廉；缺点是主控制微机负担重，可靠性差，发生故障后易造成全线停止工作。

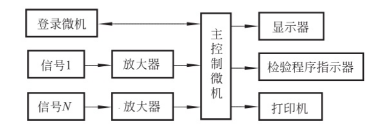


图 2.14　集中式控制方式框图

2. 接力式

接力式控制方式由各工位测控微机完成。工位测控微机分布在各工位上，也可以称为分布式控制方式。其框图如图 2.15 所示。各工位检测信号经放大后送入工位测控微机处

理、判定，然后在检验程序指示器显示，并按顺序传送至末级工位测控微机。全线检测数据和检测结果由末级工位测控微机显示并打印出检测结果报告单。这种方式的优点是结构简单，价格也较低廉，可靠性也较好；缺点是功能稍差，对较高程度的自动控制和较复杂的检测对象适应性差。

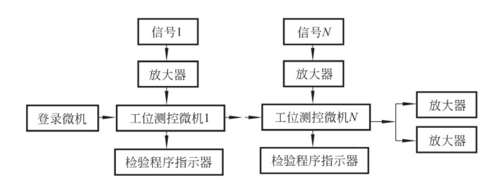


图 2.15　接力式控制方式框图

3. 分级分布式

分级分布式控制方式是应用较为广泛的一种控制方式。如图 2.16 所示为二级分布式控制方式框图。其第一级为测控现场控制级，由分布在各工位上的测控微机完成，主要担负检测设备运行控制、数据采集和通信等任务。第二级为管理级，由主控微机完成，具有安排检测程序，担负全线调度，综合判定检测结果，存储并集中打印检测结果报告单和管理数据库等功能。

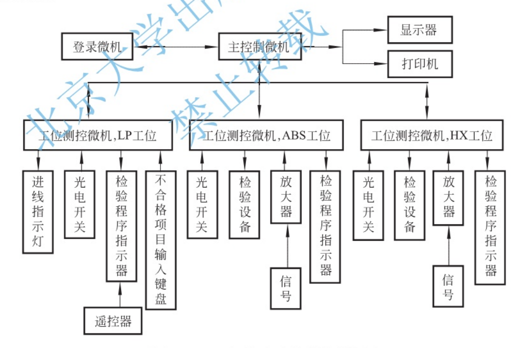


图 2.16　二级分布式控制方式框图

2.3.4　微机控制系统的使用方法

以国产 CAISM 全自动汽车检测系统为例介绍微机控制系统的使用方法。

1. 启动微机控制系统

启动微机控制系统的步骤如下。

(1) 按下控制台各部分的电源开关，使微机控制系统接通电源。

(2) 启动辅助设备(包括泵气站)并打开各检测设备的电源开关。

(3) 主控制微机自检。

(4) 工位测控微机自检。

(5) 装入 DOS 系统，进入 CAISM 引导程序，屏幕显示系统菜单。系统菜单及其功能见表 2-5。

表 2-5　CAISM 系统菜单及其功能

符号	菜单名称	功　能
A	使用说明	介绍 CAISM 系统功能及其操作
B	汽车检测	CAISM 系统汽车检测程序
C	自检测试	用系统自检测试程序，完成对系统数据通道、键盘、光电开关及部分控制逻辑等的测试
D	标准设定	对诊断参数标准进行修改
E	设备标定	用系统标定程序，完成对检测系统所有项目通道的标定
F	报告打印	对已检车辆的数据记录、检索等打印报告
G	报表统计	对已检车辆的合格率、不合格率、复检率进行统计
H	数据备份	对标定数据、车辆数据等进行备份
I	操作系统	退到 DOS 操作系统

(6) 利用光标键或直接输入[B]，选择菜单 B，按回车键，即可启动汽车检测程序。此时主控制微机将程序模块和数据模块装入工位测控微机，并建立与登录终端的通信链路，然后微机显示器屏幕进入检车画面，从该画面中可观察到检车时所有项目的检测数据、示值范围和动态检测曲线。在画面的左上角还能显示出检车日期、总检车台次和当日检车台次。

检测系统启动后，检测线上的自由滚筒(如果有的话)抱死，制动试验台和车速表试验台的举升器升起，主控制室控制台的状态面板上“电源”灯亮，第一工位、第二工位和第三工位上的“空位”灯均亮，“检车”灯闪烁，等待汽车进线。

2. *启动登录微机*

启动登录微机的步骤如下。

(1) 将登录启动盘(CAISM 系统专用)插入登录微机软盘驱动器中，按下登录微机电源开关，电源指示灯亮。

(2) 登录微机进行自检。

(3) 自检后屏幕等待输入显示方式选择，输入任意字符后，登录微机开始引导，并完成与主控制微机的通信握手，进入登录工作状态。

(4) 将即将进线待检的汽车资料按规定的登录项目输入登录微机。

(5) 当第一工位空闲时，输入[ALT]+[F1]，即可将登录的资料发往主控制微机。主控制微机安排检测程序，并使进线指示灯的绿灯亮，待检汽车驶入检测线，停在第一工

位上检测。

3. 检测工艺程序

CAISM 检测系统设计为三个工位，即 LP 工位、ABS 工位和 HX 工位。这些工位上的检测工艺程序与 2.2.2 小节“检测工艺程序”所介绍的内容大同小异，不再赘述。

小　　结

汽车检测站综合运用现代的检测设备和检测方法，对汽车实施不解体检测、诊断，为全面、准确评价汽车的使用性能和技术状况提供可靠的依据。

汽车检测站的主要任务如下。

（1）对在用运输车辆的技术状况进行检测诊断。

（2）对汽车维修行业的维修车辆进行质量检测。

（3）接受委托，对车辆改装、改造、报废及其有关新工艺、新技术、新产品、科研成果等项目进行检测，提供检测结果。

（4）接受公安、环保、商检、计量和保险等部门的委托，为其进行有关项目的检测，提供检测结果。

按不同的分类方法，检测站可以分为以下不同类型。

（1）按服务功能分类，检测站可分为安全检测站、维修检测站和综合检测站三种。

（2）按规模大小分类，检测站可分为大、中、小三种类型。

（3）按检测线的自动化程度分类，检测站可分为手动式、半自动式和全自动式三种类型。

（4）按站内检测线数分类，可分为单线检测站、双线检测站、三线检测站等多种类型。

（5）按所有制分类，可分为全民所有(国家经营)检测站、集体所有(集体经营)检测站和个体所有(私人经营)检测站三种类型。

（6）按职能分类，可分为 A 级站、B 级站和 C 级站三种类型。

不管是安全环保检测线，还是综合检测线，它们都由多个检测工位组成，布置形式多为直线通道式，检测工位则是按一定顺序分布在直线通道上的。以五工位全自动安全环保检测线为例，包括汽车资料输入及安全装置检查工位、侧滑制动车速表工位、灯光尾气工位、车底检查工位及综合判定及主控制室工位。

随着微机控制技术的发展，微机控制的全自动检测线得到广泛应用。微机控制系统由硬件部分和软件部分组成。硬件部分由微机设备和辅助设备组成。其中，微机设备由主控制微机、工位测控微机、汽车资料登录微机和打印机等组成；辅助设备由控制台及主控制键盘、稳压电源、不间断电源、摄像机及显示器、工位检验程序指示器、光电开关、停车位置指示器、报警灯或报警器、不合格项目输入键盘、车速申报开关或遥控器、进线指示灯、工作台与坐椅等组成。软件部分中除检测程序外，一般还包括数据库管理、设备标定程序、检测诊断标准修正程序和系统自检、自诊断与维护等程序。其中，数据库管理能将已经检测过的全部车辆的数据存档，能按照检测序号、牌照号码或检测日期等进行查询、检索、统计和打印。微机控制系统有集中式、接力式和分级分布式等控制方式。

习　题

1. 术语解释

2-1　汽车检测站

2-2　全自动检测站

2. 填空题

2-3　按服务功能分类，检测站可分为__________、__________和__________三种。

2-4　ABS工位由__________、__________、__________和__________组成。

2-5　CAISM检测系统设计为三个工位，即__________工位、__________工位和__________工位。

2-6　微机控制系统有__________、__________和__________等控制方式。

3. 问答题

2-7　检测站的任务有哪些?

2-8　控制系统的功能和要求有哪些?

第 3 章　发动机检测与诊断

教学提示：发动机的性能和工作状况直接影响到汽车的动力性、经济性等，发动机的检测与诊断是汽车检测与诊断技术的核心内容之一。本章重点讲解发动机各系统的检测方法和常见故障的诊断方法，介绍发动机功率和气缸密封性的检测方法、燃油供给系、点火系、润滑系、冷却系的检测与故障诊断及发动机异响诊断的方法。本章的难点是发动机异响诊断。

教学要求：本章主要应掌握发动机的检测与诊断技术。其重点是让学生了解发动机功率和气缸密封性的检测方法，掌握发动机燃油供给系统、点火系统、润滑系统的检测方法和常见故障的诊断，掌握冷却系统常见故障的诊断及发动机异响诊断。

汽车发动机是汽车最主要的总成之一，是动力的来源。由于发动机结构复杂，工作条件苛刻，故障率高，因而其状况的好坏将直接影响车辆的正常行驶。可见，发动机技术状况的检测是汽车检测的重要内容。在实际检测过程中，通常分为发动机功率、发动机密封性能、供油系统技术状态、点火系统技术状态、润滑系统技术状态、冷却系统技术状态及发动机异响等方面，本章就这几个方面的检测与诊断的基本原理、设备、检测工艺及技术标准进行介绍。

3.1　发动机功率检测

发动机功率是汽车动力性的主要诊断参数，它直接影响汽车的正常使用。发动机功率是汽车不解体检验最基本的诊断参数之一。发动机功率检测方法有稳态测功和动态测功之分。一般来说，稳态测功必须在专门台架上进行，它常用于发动机的研究开发和质量检测，其特点是测定的功率比较准确，需要专门的测功设备给发动机加载，设备复杂昂贵。而动态测功可以在汽车不解体条件下进行就车测定发动机功率，其特点是所用仪器轻便，测功速度快，方法简单，但测功精度较低。由于动态测功无须对发动机施加外载荷，因此又称为无负荷测功。对于汽车使用单位，目前应用较为广泛的是无负荷测功。

3.1.1　发动机功率测试方法

1. 稳态测功

稳态测功是指发动机在节气门开度一定、转速一定和其他参数保持不变的稳定状态下，在测功器上测定发动机功率的一种方法。常见的测功器有水力测功器、电力测功器和电涡流测功器三种。测功器能测出发动机的转速和转矩，然后通过下式计算得出发动机功率。

发动机有效功率 P_e(kW)、有效转矩 M_e(N·m)和转矩 n(r/min)之间有如下关系。

$$P_e=\frac{M_e \cdot n}{9549} \tag{3-1}$$

式中，P_e——发动机的有效功率(kW)；

M_e——发动机的有效转矩(N·m)；

n——发动机转速(r/min)。

稳态测定发动机的额定功率是在节气门全开情况下，由测功器向发动机的曲轴施加额定负荷，使其在额定转速下稳定运转，测出其对应的转矩，不论发动机的行程数和形式如何，均可用上式计算出有效功率。

稳态测功的结果比较准确、可靠，多为发动机设计、制造、院校和科研单位做性能试验所采用。但因其缺点是测功时费时费力、成本较高，并且需要大型、固定安装的测功器，因而，在一般的汽车运输企业、汽车维修企业和汽车检测站中采用不多。

由于稳态测功时，需要对发动机施加外部负荷，所以也称为有负荷测功或有外载测功。

2. 动态测功

动态测功是指发动机在节气门开度和转速等参数处于变动状态下，测定发动机功率的一种方法。由于动态测功时无须对发动机施加外部载荷，所以又称为无负荷测功或无外载测功。这种测功的基本方法是：当发动机在怠速或空载某一转速下，突然全开节气门，使发动机克服自身惯性和内部各种运转阻力而加速运转时，其加速性能的好坏能直接反映出发动机功率的大小。只要测出发动机在加速过程中的某一相关参数，就可得出相应的最大加速功率或平均加速功率。

由于动态测功时无须向发动机施加负荷，因此也就不需要像测功器那样的大型设备，用小巧的无负荷测功仪就车检测即可。对于汽车使用单位，经常需要在汽车不解体条件下进行就车试验测定发动机功率。该测功方法所用仪器轻便，测功速度快，方法简单，但测功精度较低。

3.1.2 无负荷测功原理及测试方案

如果把发动机的所有运动部件视为一个绕曲轴中心线转动的回转体，当发动机与传动系统脱开，将没有任何外界负荷的发动机在怠速下突然将节气门打开至最大开度时，发动机产生的动力克服机械阻力矩和压缩气缸内混合气阻力矩后所剩余的有效转矩 M_e，将全部用来使发动机运动部件加速。此时，发动机克服本身惯性力矩迅速加速到空载最大转速。对于某一型号的发动机而言，其运动部件的转动惯量近似为一个定值。发动机的有效功率越大，其运动部件的加速度也越大。这样，可以通过测定发动机在某一转速下的瞬时加速度或指定转速范围内的平均加速度、加速时间来确定发动机有效输出功率的大小。

按测功原理，无负荷测功可分为两类：用测定瞬时角加速度的方法测定瞬时功率；用测定加速时间的方法测定平均功率。

1. 瞬时功率测量原理

根据刚体定轴转动微分方程，发动机有效转矩与角加速度间的关系为

$$M_e=J\cdot\frac{d\omega}{dt}=J\cdot\frac{\pi}{30}\cdot\frac{dn}{dt} \tag{3-2}$$

式中，M_e——发动机有效转矩(N·m)；

J——发动机运动部件对曲轴中心线的当量转动惯量($kg \cdot m^2$);

n——发动机转速(r/min);

$\frac{d\omega}{dt}$——曲轴的角加速度(rad/s^2);

$\frac{dn}{dt}$——曲轴转速变化率(r/s^2);

ω——曲轴的角速度(rad/s)。

将 M_e 代入式(3-1)得

$$P_e = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{J}{9549} \cdot n \cdot \frac{dn}{dt}$$

令
$$C_1 = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{J}{9549}$$

则
$$P_e = C_1 \cdot n \cdot \frac{dn}{dt} \tag{3-3}$$

在变工况条件下测试发动机功率时，混合气形成、发动机热状况等与稳态测试时不同，其有效功率值比稳态测试时的功率值小，为此引入修正系数 K 对式(3-3)进行修正，即

$$P_e = K \cdot C_1 \cdot n \cdot \frac{dn}{dt}$$

记
$$C = K \cdot C_1$$

则
$$P_e = C \cdot n \cdot \frac{dn}{dt} \tag{3-4}$$

式(3-4)表明，加速过程中，发动机在某一转速下的功率与该转速下的瞬时加速度成正比。这样，发动机无负荷测瞬时功率的问题，实质上成为测定发动机转速和在该转速下的角加速度或曲轴转速变化率的问题。

2. 平均功率测量原理

根据动能原理，发动机无负荷加速过程中，其动能增量等于发动机所做的功。即

$$A = \frac{1}{2} J \cdot \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \cdot \omega_1^2$$

式中，A——发动机所做的功(J);

ω_1、ω_2——测定区间起始角速度和终止角速度(rad/s)。

若发动机曲轴旋转角速度从 ω_1 上升到 ω_2 的时间为 ΔT(s)，则发动机在这段时间内的平均功率 P_{em}(W)为

$$P_{em} = \frac{A}{\Delta T} = \frac{1}{2} \cdot J \cdot \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{\Delta T}$$

注意到 $\omega = \frac{\pi}{30} n$，并以千瓦(kW)作为平均功率 P_{em} 的单位，则有

$$P_{em} = \frac{C_2}{\Delta T} \tag{3-5}$$

$$C_2 = \frac{1}{2} J \cdot \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \cdot \frac{n_2^2 - n_1^2}{1000}$$

若已知转动惯量 J($kg \cdot m^2$)并确定测量时的起始转速和终止转速 n_1、n_2(r/min)，则 C_2 为常数，称为平均功率测功系数。一般 n_1 要稍高于怠速转速，n_2 宜取额定转速。

式(3-5)表明，加速过程中，发动机在某一转速范围 $n_1 \sim n_2$ 内的平均功率与加速时间 ΔT 成反比。这样，测某转速范围的平均功率，实质上就成为测定该转速范围加速时间的

问题，与瞬时功率测量的情况类似。由于 $n_1 \sim n_2$ 范围内的平均功率亦是在急加速变工况条件下测得，其测试值与稳态工况下的测试值有一定差异，因此需进行修正；同时，由于现代内燃机具有类似的外特性功率曲线和动态特性，发动机发出的平均功率与外特性最大有效功率间有较为稳定的比例关系。因此，通过无负荷平均功率的测试值与台架试验发动机功率测试值的对比试验，找到动态平均功率与稳态有效功率间的关系，并对无负荷测功仪进行标定，以便通过测定 $n_1 \sim n_2$ 转速范围内的加速时间 ΔT 测出发动机的功率值。

无负荷测功仪按其工作原理可分为两种测试方案：测瞬时加速度方案和测加速时间方案。

3. 测瞬时加速度方案

测瞬时加速度方案是一种通过测量加速过程中某一转速的加速度从而获得瞬时功率的仪器方案。按这一方案设计的仪器，由传感器、脉冲整形装置、时间信号发生器、加速度计算器和控制装置、转换分析器、转换开关、功率指示表、转速表和电源等组成，其方框图如图 3.1 所示。

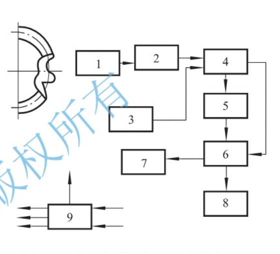


图 3.1　测瞬时加速度方案的框图

1—传感器；2—整形装置；3—时间信号发生器；4—加速度计算器和控制装置；5—转速分析器；6—转换开关；7—功率指示表；8—转速表；9—电源

电磁感应式传感器装在离合器壳体上的一个特制的加工孔内，与飞轮齿圈的齿顶保持 2～4mm 的间隙，属于非接触式传感器。当飞轮转动时，传感器产生脉冲信号。脉冲信号的频率为飞轮齿圈齿数乘以飞轮每秒钟转数，即 $f=\frac{n}{60}\cdot z$（z 为飞轮齿圈齿数），这就是发动机的转速信号。每分钟脉冲信号频率数与飞轮齿圈齿数的比值，即为发动机的转速。从传感器传来的脉冲信号经过脉冲整形装置的整形、放大，变成矩形触发脉冲信号。一般要把脉冲信号的频率放大 2～4 倍，倍频的目的是为了提高仪器的灵敏度。并且只有发动机转速加速到设定的起始转速 n_1 时，整形装置才输出触发脉冲信号。触发脉冲信号通过控制装置触发加速度计算器工作，计算一定时间间隔内输入的脉冲数，并把这些脉冲数累加起来，直至终止转速 n_2。时间间隔由时间信号发生器控制，每一时间间隔的脉冲数与发动机转速成正比，后一时间间隔和前一时间间隔脉冲数的差值则与发动机的加速度成正比，而发动机的有效功率又与加速度成正比，转换分析器能把加速度计算器输出的脉冲信号变成直流电压信号，输入到指示仪表，从而直接读取所测功率值。时间间隔取得越小，则测得的有效功率就越接近瞬时有效功率。

4. 测加速时间方案

测加速时间方案是一种通过测量加速过程中某一转速范围内的加速时间，从而获得平均加速功率的方案。该方案由转速信号传感器、脉冲整形装置、起始转速触发器、终止转速触发器、时间信号发生器、计算与控制装置和显示装置等组成，其方框图如图 3.2 所示。这种仪器能把来自点火系一次电路断电器触电开闭一次电流的感应信号，作为发动机转速的脉冲信号，经整形电路整形为矩形波形，并变为平均电压信号。当发动机节气门突

然全开，转速达到起始转速 n_1 时，与对应的电压信号通过触发器触发计算与控制电路，使时间信号进入计算器并寄存，当发动机加速到终止转速 n_2 时，对应的电压信号通过触发器触发计算与控制电路，使时间信号停止进入计算器，并把寄存器中的时间脉冲数经 A/D 转换成电流信号，在指示仪表上显示加速时间或直接标定成功率。

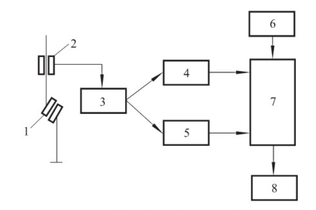


图 3.2　测加速时间方案的框图

1—断电器触点；2—转速信号传感器；3—脉冲整形装置；4—起始转速 n_1 触发器；5—终止转速 n_2 触发器；6—时间信号发生器；7—计算与控制装置；8—显示装置

无负荷测功仪的显示方法一般有三种形式，即指针指示式、数字显示式和等级显示式。指针指示式和数字显示式可指示功率或加速时间的具体数值，等级显示式只显示良好、合格、不合格三个等级。

3.1.3　无负荷测功仪的使用方法

在国产发动机检测仪中，有的采用通过测试加速时间测定平均功率的测试原理，如济南WFJ－I 型发动机检测仪；有的采用通过测角加速度以确定瞬时功率的测试原理，如天津YT－416 型发动机检测仪。无负荷测功仪既可以制成单一功能的便携式测功仪，又可以与其他测试仪表组合制成便携式或台式发动机综合检测仪。如图 3.3 所示的面板图是国产单一功能的便携式无负荷测功仪。它可以测出发动机加速过程中起始转速 n_1 至终止转速 n_2 转速范围内的加速时间——平均加速功率。

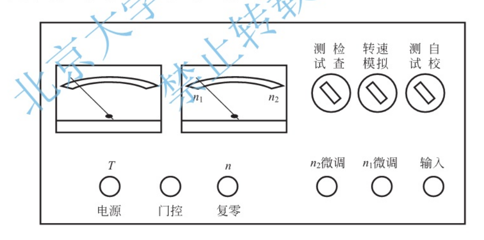


图 3.3　便携式无负荷测功仪面板图

便携式无负荷测功仪一般都比较小巧，使用中与发动机的连接也很方便，有的无负荷测功仪甚至于像袖珍式收音机一般大小，带有拔节天线，可以收取发动机运转时的点火脉冲信号，而不必与发动机采取任何有线连接。

不管哪种形式的无负荷测功仪，其通用的测功方法都如下。

(1) 仪器准备。

① 未接通电源前，如指示装置为指针式，应检查指针是否在机械零点上，否则应调整之。

② 接通电源，电源指示灯亮，预热仪器至规定时间。

③ 带有数码管的仪器，数码管的亮度应正常，且数码均在零位。

④ 按仪器使用说明书给定的方法，对仪器进行检查、调试和校正，待完全符合使用要求后才能投入使用。

⑤ 测加速时间——平均加速功率的仪器，要利用仪器的模拟转速、门控指示灯和微调电位器，调整好起始转速 n_1 和终止转速 n_2 的门控。微机控制的仪器，可通过数字键输入 n_1、n_2 的设定值。

⑥ 需要置入转动惯量 J 的仪器，要把被测发动机的转动惯量 J 置入无负荷测功仪内。

(2) 发动机准备。

预热发动机至正常工作温度(80～90℃)，调整发动机怠速，使其在规定的转速范围内稳定运转。

(3) 仪器与发动机联机。

仪器和发动机准备好后，把仪器的传感器(包括夹持器)按要求连接在发动机规定部位。如系带拔节天线的袖珍式无负荷测功仪，应拉出拔节天线。

(4) 测功方法。

① 按下“复零”键，使指示装置复零。

② 按下其他必要的键位，如机型选择键、缸数选择键和“测试”键等。需要输入操作码的仪器，则应按要求输入规定的操作码。

③ 发动机在怠速下稳定运转，操作者在驾驶室内急速把加速踏板踩到底，发动机转速猛然上升。当发动机转速超过终止转速 n_2 时应立即松开加速踏板，切忌长时间高速空转。记下或打印出测量结果，按下“复零”键，使指示装置复零。重复上述操作三次，检测结果取算术平均值。

有些仪器为了保护发动机不受损害和提高使用方便性，当转速上升超过 n_2 时，能使发动机自动熄火；而当转速下降至低于 n_1 时，只要按下“复零”键，在指示装置复零的同时又能自动接通点火线路，使发动机重新运转。

上述测功方法称为怠速加速法，既适用于汽油机又适用于柴油机。

(5) 查对功率。

仅能显示加速时间的无负荷测功仪，测得加速时间后应到仪器制造厂推荐的曲线图或表格中查出对应的功率值，以便与标准功率值对照。东风 EQ6100－1 型发动机的功率—时间对照表见表 3－1。表中的功率值为不带发电机、空压机和风扇的台架稳态外特性试验值。

表 3－1 东风 EQ6100－1 型发动机的功率—时间对照表

加速时间/s	0.31	0.36	0.46
稳态外特性功率值/kW	99.3	88.3	66.2

3.1.4 单缸功率检测

无负荷测功仪既可以检测发动机的整机功率，又可以检测某气缸的单缸功率。检测单缸功率的方法是：先测出发动机整机功率，再测出某单缸断火情况的发动机功率，两功率之差即为断火之缸的功率。技术状况良好的发动机，各缸功率应是一致的，称为动力平衡。动力不平衡时，会造成发动机运转不平衡。可见，通过比较各单缸功率，可判断各缸工作状况。也可以利用单缸断火情况下测得的发动机转速下降值来评价发动机各缸的工作

状况。工作正常的发动机，在某一转速稳定运转时，发动机的指示功率与发动机运动机件摩擦所消耗的功率是平衡的。此时，若通过断火停止某一缸的工作，则会打破原来的平衡，使发动机的转速下降，并达到另一新的平衡转速。当四行程发动机在 800r/min 稳定工作时，取消任一个气缸工作，致使发动机转速正常平均下降值见表 3-2。要求最高与最低下降值之差不大于平均下降值的 30%。如果转速下降值偏低，说明断火之缸工作不良，功率偏小。需要注意的是，在进行单缸断火试验时，断火时间不宜过长，否则会造成气缸内积存的燃油过多，冲刷缸壁润滑油膜，加速气缸、活塞和活塞环的磨损。发动机单缸功率偏低，一般系该高压分线、分线插座或火花塞技术状况不良，气缸密封性不良，气缸上油等原因造成的，应调整、更换或维修。

表 3-2　单缸断火转速正常平均下降值

发动机缸数	单缸断火转速正常平均下降值/(r/min)	发动机缸数	单缸断火转速正常平均下降值/(r/min)
4 缸	150	8 缸	50
6 缸	100		

3.1.5　发动机综合性能检测仪及其使用

发动机综合性能分析仪(以下简称“分析仪”)，也称为发动机综合性能检测仪或发动机综合参数测试仪，是发动机检测、诊断仪器中，检测项目最多、功能最全、涉及面最广的一种仪器，当然，也是一种结构最复杂、技术含量最高的仪器。由于它不仅能检测、分析、判断发动机静、动态的工作性能和技术状况，而且不少仪器还超出了发动机的范畴，增加了对 ABS 防抱死制动装置和安全气囊装置等的检测诊断，因此在汽车综合性能检测中发挥的作用越来越大。

1. 分析仪的类型

发动机综合性能分析仪是以示波器为核心的测试仪器。当配合以多种传感器、夹持器和测试探头时，能实现对多种电量、非电量参数(温度、压力、真空、转速等)的检测、分析与判断。

分析仪的类型，如果按使用方式分，可分为台式移动式和便携式两种类型；如果按示波器形式分，可分为模拟示波器式和数字示波器式两种类型；如果按示波器显示器形式分，可分为阴极射线管显示器式和液晶显示器式两种类型；如果按控制方式分，可分为电子控制式、微机控制式和模块控制式三种类型；如果按使用的电源分，可分为交流 220V 式、直流 12V 式和直流电池式三种类型。

通常，电子控制式和微机控制式分析仪，一般属于台式移动式，在发动机综合检测或调试工位使用，移动范围不大；便携式分析仪携带方便，可移动到任何车辆上检测；模块控制式分析仪，既可以和 PC 微机组成台式分析仪，又可以和笔记本微机组成便携式分析仪。

电子控制式分析仪，一般是以模拟式示波器为核心的分析仪；微机控制式和模块控制式分析仪，是以数字式示波器为核心的分析仪。

电子控制式分析仪，一般以阴极射线管(CRT)作为显示器；便携式分析仪以液晶显示

屏(LCD)作为显示器，但也可以通过微机通信接口由微机显示器(CRT 或 LCD)显示；微机控制式分析仪以微机显示器作为显示器；模块控制式分析仪本身没有显示器，它既可以与 PC 微机连接显示，也可以和笔记本微机连接显示。

电子控制式和微机控制式分析仪，一般以交流 220V 作为电源，但有些电子控制式分析仪，也有采用直流 12V(汽车蓄电池)作为电源的；便携式分析仪自带可充电电池作为电源；模块控制式分析仪，一般通过整流稳压器使用交流 220V 作为电源，也有的使用汽车蓄电池作为电源。

2. 分析仪的功能与功能特点

以下介绍分析仪的功能与功能特点。

1) 功能

大多数分析仪都具有下述功能。

(1) 汽油机检测有以下功能。

① 点火系检测。可观测、分析点火系的平列波、并列波、重叠波、单缸波、重叠角、断电器触点闭合角、点火高压值和点火提前角等。

② 无负荷测功。

③ 动力平衡分析。

④ 转速稳定性分析。

⑤ 温度检测。

⑥ 进气管真空度检测。

⑦ 起动机与发电机检测。

⑧ 废气分析(须附带废气分析仪)。

⑨ 数字万用表功能。

(2) 柴油机检测具有如下功能。

① 喷油压力检测。检测喷油压力数据，观测、分析供油压力波形。

② 检测喷油提前角。

③ 无负荷测功。

④ 烟度检测(须附带烟度计)。

⑤ 起动机与发电机检测。

⑥ 转速稳定性分析。

⑦ 数字万用表功能。

(3) 电控燃油喷射发动机检测具有如下功能。

① 空气流量检测。

② 转速检测。

③ 温度检测。

④ 进气管真空度检测。

⑤ 节气门位置检测。

⑥ 爆燃信号检测。

⑦ 氧传感器检测。

⑧ 喷油脉冲信号检测。

(4) 故障分析具有如下功能。

① 故障查询。

② 信号回放与分析。

(5) 参数设定。

(6) 数字示波器、显示波形、数值。

2) 功能特点

分析仪具有以下 3 个功能特点。

(1) 具有动态测试功能。分析仪的信号采集系统能迅速、准确地捕获发动机运转中各瞬变参数随时间变化的函数曲线。这些动态参数是对发动机工作性能和技术状况进行准确判断的科学依据。

(2) 具有普遍性和通用性。由于分析仪的测试、分析过程不依据被测发动机的数据卡，只针对发动机基本结构和工作原理进行。因此，检测结果具有良好的普遍性，检测方法具有广泛的通用性。

(3) 具有主动性。分析仪不仅能适时采集发动机的动态参数，而且还能主动地发出某些指令干预发动机的工作，以完成某些特定的试验程序，如发动机断缸试验等。

3. 分析仪的基本结构与工作原理

一台配置齐全、结构先进、性能良好的发动机综合性能分析仪，一般是由信号提取系统、信号处理系统和采控显示系统三大部分组成的，如图 3.4 所示。国产元征 EA－2000 型发动机综合性能分析仪外形如图 3.5 所示，其主要性能指标见表 3－3。

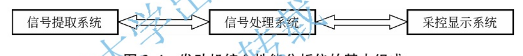


图 3.4　发动机综合性能分析仪的基本组成

1) 信号提取系统

信号提取系统的作用是拾取测量点的信号，必须配备多种传感器、夹持器和探针等，直接或间接地与被测点接触。元征 EA－2000 型发动机综合性能分析仪的信号提取系统如图 3.6 所示，该系统由 12 组拾取器组成，每 1 组拾取器根据任务不同，由相应的传感器、夹持器或探针，通过电缆与其适配器或接插头构成。适配器的作用是对采集的信号在进入前端处理器之前进行预处理。

2) 信号处理系统

信号处理系统，也称为前端处理器，能对所有或部分采集来的信号进行处理，即进行衰减、滤波、放大、整形等处理，并能将所有脉冲信号和数字信号直接输入 CPU 的高速输入端。从发动机采集来的信号千差万别，不能被分析仪中央控制器直接使用，

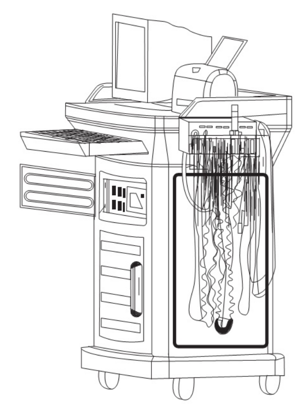


图 3.5　EA－2000 型发动机综合性能分析仪外形图

表 3-3　元征 EA-2000 型分析仪主要性能指标

参　数	量程	精度	参　数	量程	精度
转速/(r/min)	0～8000	1%	充电电流/A	0～40	3%
点火提前角/(°)	0～60	±1%	进气管真空度/kPa	0～105	2%
点火电压/kV	0～40	5%	温度/℃	-20～+120	2%
火花电压/V	0～4000	5%	电流/A	0～4	1%
点火持续时间/ms	0.04～9.99	0.04	电压/V	0～400	1%
起动电流/A	0～900	5%	电阻/MΩ	0～40	1%

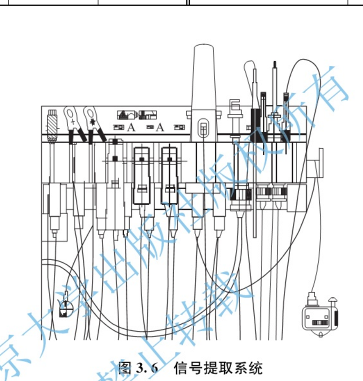


图 3.6　信号提取系统

必须经过预处理，转换成标准数字信号后，才能送入微机。分析仪前端处理器框图如图 3.7所示。元征 EA-2000 型发动机综合性能分析仪的前端处理器，由部分信号处理、32 路换线开关等组成，并承担与微机的并行通信。其前端处理器底面有 8 个适配器插座、4 个航空插座和 1 个主电缆插座，以便与信号提取系统连接。

3）采控显示系统

现代发动机分析仪多为微机控制式，能高速采控信号。为了捕捉喷油爆燃等高频信号，分析仪采集卡一般都具有高速采集功能，采样速率可达 10～20Mb/s，采样精度不低于 10bit，并行 2 通道，有存储功能以使波形回取或锁定，供观察、分析或输出、打印之用。如元征 EA-2000 型发动机综合性能分析仪，内装 PC 微机，10/20Mb/s、10bit 高速采集卡，并行通信卡和 RS-232 输出接口。分析仪在显示系统方面，不管是台式、移动式还是手提便携式的分析仪，其显示装置多为彩色 CRT 显示器或液晶 LCD 显示器，采用上、下级菜单操作，能实时显示被测发动机的动态参数和波形，使用十分方便，观察非常醒目。

4. 分析仪的使用方法

下面以元征 EA-2000 型发动机综合性能分析仪为例，介绍分析仪的使用方法。

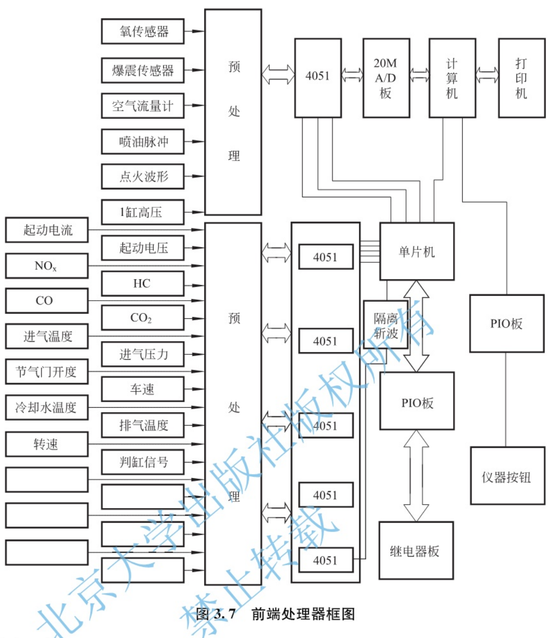


图 3.7　前端处理器框图

1）准备工作

（1）分析仪准备。

① 接通电源（220V±10%，50Hz），打开分析仪总开关、微机主机开关和微机显示器开关，暖机 20 分钟。

② 在发动机不工作和点火系关闭的情况下，将信号提取系统连接到被测发动机上。

③ 电源线必须可靠接地。

④ 在测试电控燃油喷射发动机电子控制器（ECU）时，除仪器电源接地外，仪器地线必须与发动机共地，测试人员必须随时与汽车车身接触。

（2）发动机准备。

① 发动机应预热至正常工作温度。

② 调整发动机怠速，怠速转速应在规定范围内。

③ 发动机在运转中。

2）启动分析仪

（1）分析仪已经预热。

（2）鼠标左键双击显示器上“元征发动机分析仪”图标，启动分析仪综合性能检测

程序。

(3) 分析仪主机对单片机通信、8个适配器逐一进行自检。自检通过为绿，未通过将给以提示。

(4) 显示屏出现“用户资料录入”界面。单击“修改”按钮，输入汽车用户资料，然后单击“确定”按钮，显示屏出现检测主、副菜单。

(5) 在主菜单上选择要测试的“汽油机”、“柴油机”、“电控发动机参数”或“故障分析”等项。如果前述步骤中未进行汽车用户资料录入，则选择“参数设定”，单击“修改”按钮，输入汽车用户资料后单击“确定”按钮即可。

(6) 如需清除以前测试的数据，按F2键或单击显示器下方的“清除数据”按钮。

3) 检测方法

(1) 在主菜单上选择要测试的“汽油机”、“柴油机”、“电控发动机参数”或“故障分析”等项中的其中一项，单击后进入下一级菜单。

(2) 在下一级菜单中再选择要测试的项，单击后进入检测界面。

(3) 按检测界面上的要求进行操作、读数、存储和打印。

(4) 如需清除测试数据，按F2键或单击显示屏下方的“清除数据”按钮即可。

各种不同类型的发动机综合性能检测仪，使用方法大同小异。本节不再赘述。

3.2　气缸密封性检测

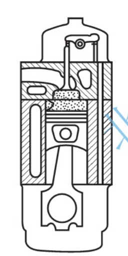


图3.8　气缸活塞组

气缸密封性与气缸、气缸盖、气缸衬垫、活塞、活塞环和进、排气门等零件的技术状况有关。这些零件组合(以下简称为“气缸组”)起来，成为发动机的心脏，如图3.8所示。它们的技术状况的好坏，不但严重影响发动机的动力性、燃料经济性和排放净化性，而且决定了发动机的使用寿命。发动机在使用过程中，由于上述零件磨损、烧蚀、结胶、积炭、断裂、开裂等原因，而引起其气缸密封性下降。气缸密封性是表征气缸组技术状况的重要参数。

气缸密封性的诊断参数主要有气缸压缩压力、曲轴箱窜气量、气缸漏气量、气缸漏气率及进气管真空度等。就车检测气缸密封性时，只要检测出上述诊断参数的一项或两项，就足以说明气缸密封状况。

3.2.1　气缸压缩压力检测

根据热力学的有关结论，气缸压缩压力与发动机的热效率和平均指示压力有直接关系。检测活塞到达压缩终了上止点时气缸压缩压力(以下简称为“气缸压力”)的大小，可以表征气缸的密封性，可见，气缸压缩压力是评价气缸密封性最为直接的指标。检测气缸压力所使用的检测设备和检测方法有以下几种。

1. 用气缸压力表检测

用气缸压力表检测气缸压力，由于仪表具有结构简单、小巧轻便、价格低廉和使用可

靠等优点，因而在汽车维修企业中应用广泛。

1）气缸压力表的结构与工作原理

气缸压力表是一种气体专用压力表，一般由压力表头、导管、单向阀和接头等组成。压力表头多为鲍登管(Bourdon-tube)式，其驱动元件是一根扁平的弯曲成圆圈状的管子，一端为固定端，另一端为活动端。活动端通过杠杆、齿轮机构与表头指针相连。当气体压力进入弯管时，弯管伸直。于是，通过杠杆、齿轮机构带动表头指针摆动，在表盘上指示出气体压力的大小。

气缸压力表的接头有两种形式。一种为螺纹管接头，可以拧紧在火花塞或喷油器螺纹孔内；另一种为锥形或阶梯形的橡胶接头，可以用手压紧在火花塞或喷油器孔上，接头通过导管与压力表头相连通。导管也有两种，一种为软导管，另一种为金属硬导管。软导管适用于螺纹管接头与压力表头的连接，硬导管适用于橡胶接头与表头的连接。

气缸压力表导管上还装有能通大气的单向阀，当单向阀处于关闭位置时，可保持压力表指针的测试状态以便于读数。当单向阀处于打开位置时，可使压力表指针回零以便于重新测试。气缸压力表外形如图 3.9 所示。

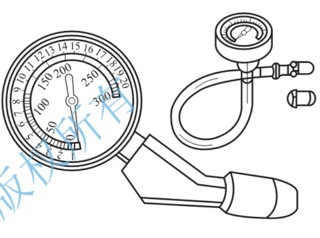


图 3.9　气缸压力表外形

2）气缸压力表的使用方法

气缸压力表的使用方法介绍如下。

(1) 检测条件。发动机应运转至正常工作温度，用起动机带动已拆除全部火花塞或喷油器的发动机运转，其转速应符合原厂规定。

(2) 检测方法。拆下发动机空气滤清器，用压缩空气吹净火花塞或喷油器周围的脏物，拆下全部火花塞或喷油器，并按气缸顺序放置。对于汽油发动机，还应把点火系二次高压总线从分电器端拔下并可靠搭铁，以防止电击或着火。然后，把气缸压力表的橡胶接头插在被测缸的火花塞或喷油器孔内，扶正压紧。将节气门(带有阻风门的还包括阻风门)置于全开位置，用起动机转动曲轴 3～5s(不少于 4 个压缩行程)，待气缸压力表指针指示并保持最大压力后停止转动。取下气缸压力表，记录读数，按下单向阀使气缸压力表指针回零。

按上述方法依次测量各缸，每缸测量不少于 2 次，每缸测量结果取算术平均值。

就车检测柴油机气缸压力时，应使用螺纹接头的压力表。如果该机要求在较高转速下测量，则除受检气缸外，其余气缸均应工作(喷油器不能拆下)，其他检测条件和检测方法同汽油机。

3）诊断参数标准

对于在用汽车发动机，按照国家标准 GB 18565—2001《营运车辆综合性能要求和检验方法》的规定，发动机各气缸压力应不小于原设计规定值的 85%；每缸压力与各缸平均压力的差：汽油机应不大于 8%，柴油机应不大于 10%。对于大修竣工发动机，按照国家标准 GB/T 15746.2—1995《汽车修理质量检查评定标准 · 发动机大修》附录 B 的规定：大修竣工发动机的气缸压力应符合原设计规定；每缸压力与各缸平均压力的差：汽油机不超过 8%，柴油机不超过 10%。

4）结果分析

气缸压力的测量结果如高于原设计值，并不一定表明气缸密封性好，要结合使用和维修情况进行分析。这种情况有可能是燃烧室内积炭过多、气缸衬垫过薄或缸体与缸盖结合平面经多次修理加工过甚造成。气缸压力测量结果如低于原设计值，说明气缸密封性降低，可向该缸火花塞或喷油器孔内注入少量机油，然后用气缸压力表再测气缸压力，进行深入诊断并记录。如果：

（1）第二次测量结果比第一次高，接近标准压力，表明是气缸、活塞环、活塞磨损过大或活塞环对口、卡死、断裂及缸壁拉伤等原因造成了气缸不密封。

（2）第二次测量结果与第一次略同，即仍比标准压力低，表明进、排气门或气缸衬垫不密封。

（3）若两次测量结果均表明某相邻两缸压力都相当低，说明两缸相邻处的气缸衬垫烧损窜气。

以上仅为气缸组不密封部位的故障分析或判断，并不能十分有把握地确诊。为了准确地测出故障部位，可在测量完气缸压力后，针对压力低的气缸采用以下方法进行确诊：拆下发动机空气滤清器，打开散热器盖，加机油口盖和节气门，用一条3m左右长的胶管，一头接在压缩空气气源（600kPa以上）上，另一头通过锥形橡皮头插在该气缸火花塞或喷油器孔内。用手摇把摇转发动机曲轴，使被测气缸活塞处于压缩终了上止点位置，然后将变速器挂入低速挡，拉紧驻车制动器，打开压缩空气开关，注意倾听发动机漏气声。如果在空气滤清器处听到漏气声，说明进气门关闭不严；如果在排气消音器口处听到漏气声，说明排气门关闭不严；如果在散热器加水口处看到有气泡冒出，说明气缸衬垫不密封，造成气缸与水套沟通；如果在加机油口处听到漏气声，说明气缸活塞配合副磨损严重。

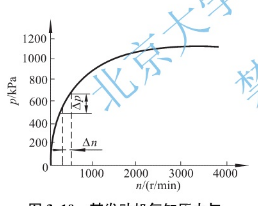


图3.10　某发动机气缸压力与曲轴转速的关系曲线

用气缸压力表检测气缸压力，尽管应用极为广泛，但存在测量误差大的缺点。研究表明，气缸压力的测量结果不但与气缸内各处的密封程度有关，而且还与曲轴的转速有关。某发动机气缸压力与曲轴转速的关系曲线如图3.10所示。从图中可以看出，只有当曲轴转速超过1500r/min以后，气缸压力曲线才变得比较平缓。但在低转速范围内，即在检测条件中由起动机带动曲轴达到的转速范围内，即使较小的转速变化Δn，也能引起气缸压力测量值较大的变化Δp。不同型号的发动机，由起动机带动曲轴的转速不可能一致；即使同一型号的发动机，由于蓄电池、起动机和发动机的技术状况不一，其检测转速也不可能完全一致。这就出现了检测转速是否符合规定值的问题。它是用气缸压力表检测气缸压力误差大的主要原因之一。因此在检测气缸压力时，应该用转速表监测曲轴转速，检测时的转速应符合制造厂规定。常用汽车发动机气缸压缩压力标准值见表3-4。

气缸压缩压力与发动机的压缩比有直接关系，也可根据下列公式近似计算。但对于新型轿车，该式的计算值偏低。

$$p=0.15\varepsilon-0.22$$

式中，p——气缸压缩压力（MPa）；

ε——压缩比。

表 3-4 常用汽车发动机气缸压缩压力标准值

汽车或发动机型号	压缩比	气缸压力/kPa	检测压力时的转速/(r/min)
解放 CA6102	7.4	930	100～150
东风 EQ6100-1	7.0	不小于 833(各缸差<147)	100～150
跃进 NJG427A	7.5	981	200～250
NJD433A	20	不小于 3040	200～250
北京 2020	6.6	784	300
CA188	8.1	896	200～250
天津夏利 TJ7100	9.5	1029～1225	350
一汽捷达	8.5	900～1200(各缸差<300)	200～250
桑塔纳 JV	8.5	1000～1300	200～250
奥迪 100	8.5	800～1100	200～250
切诺基	8.6	1068～1275	200～250
丰田 4M、5M	8.5、8.8	1078.73	250

用气缸压力表检测气缸压力的另一个缺点，是需要把所有的火花塞或喷油器卸下，一缸一缸地进行，费时费力。

2. 用气缸压力检测仪检测

气缸压力检测仪主要有压力传感器式气缸压力检测仪、起动电流式气缸压力检测仪、电感放电式气缸压力检测仪等，用于评价各缸气缸压力的均衡情况。

1）压力传感器式气缸压力检测仪

压力传感器式气缸压力检测仪是利用压力传感器拾取气缸内的压力信号，经 A/D 转换器进行模、数转换，再送入显示装置，即可测得气缸压力。用该种方法检测气缸压力时，须拆下被测缸的火花塞或喷油器，旋上仪器配置的压力传感器，用起动机带动曲轴旋转 3～5s 即可。

2）起动电流式气缸压力检测仪

（1）检测原理。

发动机起动时，起动机驱动曲轴的转矩 M 和起动电流 I_s 之间存在一定函数关系，电枢电流 I_s 与磁场(通常由励磁电流产生)的磁通量 Φ 相互作用，产生电磁力和电磁转矩，其关系为

$$M=K_m \cdot \Phi \cdot I_s$$

式中，K_m——电机常数，与结构有关；

Φ——磁通量(Wb)；

I_s——电枢电流(A)；

M——起动力矩(N·m)。

另一方面，电枢在磁场中旋转时，电枢绕组也要切割磁场的磁力线，从而在绕组中感应出反电动势 E'，其力的方向与电枢绕组电流 I_s 的方向相反，其值大小与电动机转速成正比。

$$E'=K_E \cdot \Phi \cdot n$$

式中，E'——感应电动势(V)；

K_E——常数，与电动机结构有关；

n——起动机转速(r/min)。

起动机电枢端电压 V、电枢内阻 R_s 与电枢电流 I_s 间的关系为

$$I_s=\frac{V-E'}{R_s}$$

起动机的电磁转矩 M 为驱动力矩，稳定运转时，应与发动机的起动阻力矩 M' 平衡。发动机的起动阻力矩 M' 由机械阻力矩、惯性阻力矩和气缸压缩空气的反力矩构成。正常情况下，前两种阻力矩变化不大，可视做常数；而压缩空气反力矩显然是周期性波动的，在每一缸活塞到达压缩行程上止点时具有峰值，若阻力矩增加，电磁转矩 M 便暂时小于阻力矩 M'，起动机转速 n 下降；随着 n 下降，反电动势 E' 将减小，而电枢电流 I_s 将增大。于是电磁转矩 M 随之增加，直到与阻力矩 M' 达到新的平衡。若阻力矩降低，则起动机加速旋转，转速 n 增大，反电动势 E' 随之增大，从而电枢电流 I_s 及转矩 M 减小，直至 M 与 M' 平衡。由此可见，发动机起动时，压缩压力的波动引起了起动机起动工作电流的波动，电流波动的峰值与气缸压缩压力成正比。如果能确定某一电流峰值所对应的气缸，如第一缸，按点火次序即可确定各缸所对应的起动电流峰值，其大小可代表该缸气缸压缩压力值。国产 WFJ－Ⅰ型发动机检测仪，利用电流传感器测出的起动过程中起动电流的变化波形如图 3. 11 所示。从图中可以看出，起动电流变化波形上的峰值与各缸气缸压力的最大值有关。如果把起动电流各峰值与各缸气缸压力最大值对应起来，只要找准一个缸号，即可按点火顺序找出其他各缸的对应关系。在起动电流波形上，凡是峰值高的气缸压力也高，峰值低的气缸压力也低，为评价各缸气缸压力的均衡性带来了方便。在测量起动电流波形的同时，用缸压传感器(图 3. 12)测出任一气缸(如 1 缸)的气缸压缩压力值，则其他各缸的气缸压缩压力值可按其起动电流波形峰值计算而得。

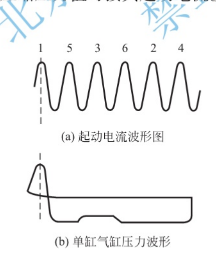


图 3. 11　起动电流与缸压波形图

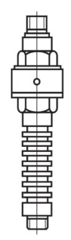


图 3. 12　缸压传感器

起动机工作电流 I_s 与蓄电池端电压 V 的关系为

$$V=E-I_s \cdot R$$

式中，E——蓄电池电动势(V)；

R——蓄电池内阻(Ω)。

由气缸压缩空气阻力矩引起的起动机工作电流波动会导致蓄电池端电压的波动。起动电流增大时，端电压降低，即起动电流与电压降成正比。如前所述，由于起动电流峰值与气缸压缩压力成正比，因此起动时蓄电池的电压降也与气缸压缩压力成正比，可以通过测量蓄电池的起动电压降检测气缸压缩压力。

根据上述原理制成的气缸压缩压力测试仪，称为起动电流式或起动电压降式气缸压缩压力测试仪。有的测试仪可以显示各缸压缩压力的具体数值，甚至可显示各缸压缩压力的具体数值，并能与标准值对照；有的仅能定性显示“合格”或“不合格”；也有的只能显示波形。对于后者，如果检测时显示的各缸波形振幅一致，峰值又在规定范围内，说明各缸压缩压力符合要求，若各缸波形振幅不一致，对应某缸电流峰值低于规定范围，则说明该缸压缩压力不足，应借助其他方法测出压缩压力的具体数值，以便分析判断。至于各缸波形峰值对应的缸号，一般是通过点火传感器或喷油传感器(柴油机)确定 1 缸波形位置，其他缸的波形位置按点火次序确定。

(2) 检测方法。

用气缸压力测试仪检测气缸压力时，发动机也应首先运转至正常工作温度，并把节气门和阻风门置于全开位置。其传感器的安装及测试过程中的操作应按测试仪使用说明书的要求进行。用 WFJ-I 型发动机检测仪测试气缸压力时，传感器的安装和操作过程如下。

① 拆下任一缸火花塞，把缸压传感器安装在火花塞孔中。

② 把电流传感器夹在蓄电池的搭铁线上，传感器上箭头指向蓄电池负极，两爪对正、密合，如图 3.13 所示。转速传感器安装于分缸线上，白金信号红色夹夹在点火线圈“一”极接线柱上或分电器接线柱上(触点点火系统)，白金信号黑色夹搭铁。

③ 在输入键盘上输入操作码 06，用起动机带动发动机运转 4～6s，仪器将会自动打印出各缸的压缩压力值。缸压传感器所在缸为标准缸，其余各缸的压缩压力值从标准缸以下按点火次序排列。

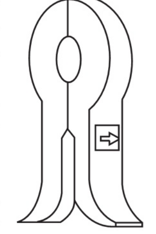


图 3.13　电流传感器

应注意的是：标准缸的气缸压缩压力值是由缸压传感器直接测出的，其余各缸的压力值则是通过各缸起动电流峰值与标准缸起动电流峰值相比较而得到的。为保证测试结果可靠、准确，应经常用气缸压力表的检测值与用缸压传感器的检测值相比较，以检查缸压传感器是否准确。

有不少发动机综合性能检测仪把起动电流的波形变成柱方图来显示各缸的气缸压力，非常直观。其中，元征 EA-2000 型发动机综合性能检测仪就是如此。该检测仪在选择“起动机及发电机”项后，进入起动电流检测功能。按下“检测”键，起动发动机，检测仪自动发出全部断油指令，屏幕显示出发动机转速、起动电流，同时绘制起动电流曲线和相对气缸压力的柱方图，达到通过检测起动电流而间接检测到相对气缸压力变化量(%)的目的。

3) 电感放电式气缸压力检测仪

电感放电式气缸压力检测仪是一种通过检测点火系二次电感放电电压来确定气缸压力的仪器，仅适用于汽油机。汽油机工作中，随着断电器触电打开，二次电压随即上升击穿火花塞间隙，并维持火花塞放电。火花放电电压也称为火花线，属于点火系电容放电后的电感放电部分，电感放电的电压与气缸压力之间具有近乎直线的对应关系。各缸火花放电

电压可作为检测各缸气缸压力的信号，该信号经变换处理后即可显示气缸压力。

使用以上气缸压力检测仪检测气缸压力时，发动机不应着火工作。汽油机可拔下二次高压总线分电器端搭铁或按测试仪要求处理，柴油机可旋下喷油器高压油管接头断油即可达到目的。

3.2.2　气缸漏气量(率)检测

气缸漏气量的检测采用气缸漏气量检测仪进行，其检测的基本原理是利用充入气缸的压缩空气，用压力表检测活塞处于压缩终了上止点时气缸内压力的变化情况来表征整个气缸组的密封性。即不仅表征气缸活塞摩擦副的密封性，还能表征进、排气门、气缸衬垫、气缸盖及气缸的密封性。

1. 气缸漏气量检测仪结构与工作原理

国产 QLY-1 型气缸漏气量检测仪主要由减压阀、进气压力表、测量表、校正孔板、橡胶软管、快换管接头和充气嘴等组成，如图 3.14 所示。此外，还要配备外部气源、指示活塞位置的指针和活塞定位盘。

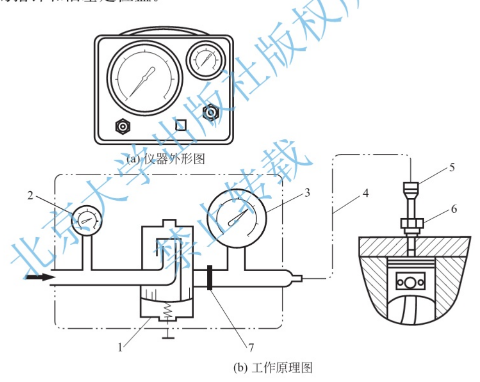


图 3.14　气缸漏气量检测仪

1—调压阀；2—进气压力表；3—测量表；4—橡胶软管；5—快换接头；6—充气嘴；7—校正孔板

外部气源的压力应相当于气缸压缩压力，一般为 600～900kPa。压缩空气按图中箭头方向进入气缸漏气量检测仪，其压力由进气压力表显示。随后，它经由减压阀、校正孔板、橡胶软管、快换管接头、充气嘴进入处于压缩终了上止点的气缸。气缸内的压力变化情况由测量表显示。该压力变化情况表明了气缸组的密封状况。

检测仪的充气嘴安装于所测气缸的火花塞孔上，该缸活塞处于上止点位置。外接气源的压力应相当于气缸压缩压力，一般为 0.6～0.8MPa，其具体压力值由进气压力表显示，经调压阀调压至某一确定压力 p_1(0.4MPa)后，压缩空气经过校正孔板上的量孔及快换管接头、充气嘴进入气缸。当气缸密封不严时，压缩空气就会从不密封处逸漏出去，校正孔板量

孔后的空气压力下降为 p_2。p_1 和 p_2 的关系为

$$p_1 - p_2 = \rho \cdot Q^2 / 2\phi^2 \cdot A^2$$

式中，Q——空气流量；

A——量孔截面积；

ρ——空气密度；

ϕ——流量系数，$\phi = 1/\sqrt{1+\xi}$，ξ 为量孔局部阻力系数。

当校正孔板量孔截面积和结构一定时，A 和 ϕ 为常数，而进气压力及测试时的环境温度一定时，空气密度 ρ 亦为常数，校正孔板量孔后的压力 p_2(由测量表指示)取决于经过量孔的空气流量 Q。显然，空气流量 Q 的大小(漏气量)与气缸的密封程度有关。由于气缸、活塞、活塞环和气门、气门座等处磨损过大或因故障密封不良时，漏气量 Q 增大而使测量表指示压力 p_2 低于进气压力 p_1 的量增大。根据测量表压力下降值即可判断气缸的漏气量，并据此检测气缸的密封性。

通过气缸漏气量检测，发现某一缸的密封性不良后，可进一步在节气门体、排气消声器出口、水箱加水口和机油加注口等处，察听有无漏气声，以判断气缸的漏气部位。

2. 气缸漏气量检测仪的使用方法

以下介绍气缸漏气量检测仪的使用方法。

(1) 先将发动机预热到正常工作温度，然后用压缩空气吹净火花塞孔处的灰尘，最后拧下所有火花塞，装上充气嘴。

(2) 将仪器接上外部气源，在仪器出气口完全密封的情况下，通过调节减压阀，使测量表指针指在 400kPa 位置上。

(3) 卸下发动机分电器盖和分火头，装上指针和活塞定位盘。指针可用旧分火头改制，仍装在原来分火头的位置上。活塞定位盘用较薄的板材制成，其上按缸数进行刻度，并按分火头的旋转方向和点火顺序刻有缸号，如图 3.15所示。假设被测发动机是 6 缸发动机，分火头顺时针方向旋转，点火顺序为 1—5—3—6—2—4，则活塞定位盘上每 60°有一刻度，共有 6 个刻度，并按顺时针方向在每个刻度上刻有 1、5、3、6、2、4 的阿拉伯数字。

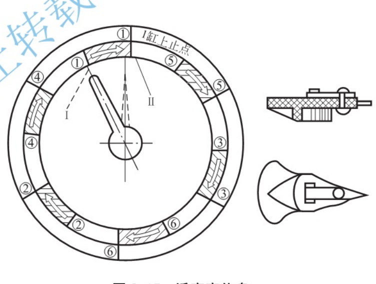


图 3.15　活塞定位盘

(4) 摇转曲轴，先使第 1 缸活塞处于压缩终了上止点位置，然后转动活塞定位盘，使刻度“1”对正指针。变速器挂低速挡，拉紧驻车制动器手柄。

(5) 在 1 缸充气嘴上接上快换管接头，向 1 缸充入压缩空气，测量表指针稳定后的读数便反映了该缸的密封性。在充气的同时，可以从空气滤清器、排气消声器口、加机油口、散热器加水口和火花塞孔等处，察听是否有漏气声，以便找出故障部位。

(6) 摇转曲轴使指针对正活塞定位盘下一缸的刻度线，按以上方法检测下一缸的漏气量，直至将所有气缸检测完。

(7) 为使数据可靠，各缸应重复测量一次，每缸测量位取算术平均值。

仪器使用完毕后，减压阀应退回到原来的位置。

3. 诊断参数标准

对于气缸漏气量，我国还没有制定出统一的诊断参数标准。QLY－I型气缸漏气量检测仪使用说明书中，对于国产货车的发动机，在确认进、排气门和气缸衬垫密封性良好的情况下，气缸密封状况(主要指气缸活塞配合副)的判断可参考表3－5处理。即当测量表读数大于250kPa时，气缸活塞配合副密封状况符合要求，发动机可以继续使用；当测量表读数小于250kPa时，气缸活塞配合副密封状况不符合要求，发动机气缸需换环或镗缸。

交通行业标准JT/T 201—1995《汽车维护工艺规范》在汽车二级维护前的检测中采用了这一参考性诊断参数标准，要求国产东风EQ1090和解放CA1091汽车的气缸漏气量，在被检测气缸活塞置于静态压缩上止点位置时，测量表气压值应≥250kPa。

表3－5　气缸漏气量参考性诊断参数标准

气缸密封状况	测量表读数值/kPa	气缸密封状况	测量表读数值/kPa
合格	≥250	不合格	＜250

4. 气缸漏气率的检测

气缸漏气率的检测，无论是使用的仪器，检测的方法，还是判断故障的方法，都与气缸漏气量的检测是一致的，只不过气缸漏气量检测仪的测量表标定单位为kPa或MPa，而气缸漏气率测量表的标定单位为百分数。

气缸漏气率检测仪是这样标定的：接通外部气源，在仪器出气口密封的情况下，调节减压阀，使测量表指针指示为“0%”，表示气缸不漏气；完全打开仪器出气口，测量表指针回落至最低点，标定为“100%”，表示气缸内的压缩空气百分之百地漏掉。在测量表“0%”～“100%”，把原气缸漏气量检测仪表盘的气压数折合成漏气的百分数，便能直观地指示漏气率了。

为了检测各缸整个压缩过程中不同阶段中的漏气率和漏气部位，还须在活塞定位盘各缸压缩终了上止点刻线上，沿分火头逆转方向按凸轮轴转角标出进气门关闭点，此点代表压缩行程的开始点。这样，气缸漏气率的检测，可通过摇转曲轴从压缩行程一开始就进行，一直进行到压缩行程终了上止点位置。

气缸漏气率的诊断参数标准可参考国外经验，见表3－6。当气缸漏气率达30%～40%时，如果能确认进、排气门，气缸衬垫，气缸盖和气缸等是密封的(可从各泄露处有无漏气声或迹象确认)，则说明气缸活塞配合副的磨损已接近极限值，到了必须换活塞环或镗磨气缸的程度。

表3－6　气缸漏气率参考性诊断参数标准

气缸密封状况	测量表读数/%	气缸密封状况	测量表读数/%
良好	0～10	较差	20～30
一般	10～20	换环或镗缸	30～40

气缸漏气率的检测虽然比较麻烦、费时，但检测全面、指示直观，国外使用该种仪器时往往备有全套附件，能快速地连接到任何汽车上，应用非常普遍。

3.2.3　进气管真空度检测

发动机进气管的真空度，是随进气管的密封性和气缸密封性的变化而变化的。在确认进气管自身密封性良好的情况下，利用真空表检测进气管的真空度，或利用示波器观测真空度波形的变化，可用来分析、判断气缸密封性，并能诊断故障。

1. 用真空表检测真空度

用真空表检测真空度的方法介绍如下。

(1) 真空表结构与工作原理。真空表由表头和软管组成，真空表的表头与气缸压力表表头一样，多为鲍登管。当真空(负压)进入表头内弯管时，弯管更加弯曲。于是，通过杠杆和齿轮机构等带动表头指针动作，在表盘上指示出真空度的大小，真空表表头的量程为0～101.325kPa(旧式表头量程：公制为0～760mmHg，英制为0～30inHg)。软管的一头固定在表头上，另一头连接在节气门后方的进气管专用接头上。

(2) 真空表使用方法。

① 发动机应预热到正常工作温度。

② 把真空表软管连接在节气门后方的进气管专用接头上。

③ 发动机怠速运转。

④ 读取真空表上的读数。

考虑到进气管真空度有随海拔高度增加而降低的现象(一般海拔每增加1000m，真空度将减少10kPa左右)，真空度检测中应根据所在地海拔高度修正真空度诊断参数标准。

(3) 对指针位置和动作的分析、判断方法。检测中真空表指针的位置和动作，如图3.16所示，图中白针表示指针稳定，黑针表示指针漂移；表盘刻度单位为英制，1kPa≈0.296inHg 或 1inHg≈3.378kPa。

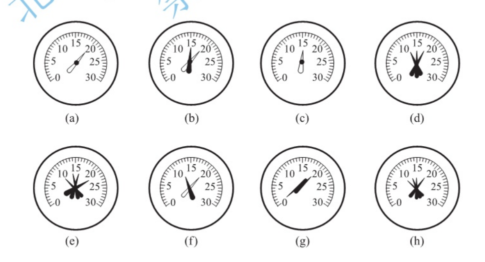


图 3.16　检测真空表指针的位置和动作

① 在相当于海平面高度的条件下，发动机怠速达转((500～600)r/min，下同)时，真空表指针稳定地指在57～71kPa(17～21inHg，如图3.16(a)所示)范围内，表示气缸密封性正常。

② 当迅速开启并立即关闭节气门时，真空表指针随之摆动在 6.8～84kPa(2～25inHg)，则进一步表明气缸组技术状况良好。

③ 怠速时，真空表指针在 50.6～67.6kPa(15～20inHg，如图 3.16(b)所示)摆动，表示气门黏滞或点火系有问题。

④ 怠速时，若真空表指针低于正常值(图 3.16(c))，主要是活塞环、进气管或节气门体漏气造成的，也可能与点火过迟或配气过迟有关。此种情况下，若突然开启并关闭节气门，指针会回落到 0，但回跳不到 84kPa(25inHg)。

⑤ 怠速时，真空表指针在 40.5～60.8kPa(12～18inHg，如图 3.16(d)所示)缓慢摆动，表示化油器调整不良。

⑥ 怠速时，真空表指针在 33.8～74.3kPa(10～22inHg，如图 3.16(e)所示)缓慢摆动，且随发动机转速升高加剧摆动，表示气门弹簧弹力不足、气门导管磨损或气缸衬垫泄漏。

⑦ 怠速时，真空表指针有规律地跌落(图 3.16(f))，表示某气门烧蚀。每当烧蚀的气门工作时，指针就跌落。

⑧ 怠速时，真空表指针逐渐跌落到 0(图 3.16(g))，表示排气消音器或排气系统堵塞。

⑨ 怠速时，真空表指针快速地在 27～67.6kPa(8～20inHg，如图 3.16(h)所示)摆动，发动机升速时指针反而稳定，表示进气门杆与其导管磨损松旷。

进气管真空度是一项综合性很强的诊断参数。若进气管真空度符合要求，不仅表明气缸密封性符合要求，而且也表明点火正时、配气正时和空燃比等也都符合要求。虽然以上只介绍了 9 种典型用真空度分析、判断故障的情况，但实际上真空表能检测的项目还有许多，而且检测时无需拆卸火花塞等机件，在国外被认为是最重要、最实际和最快速的诊断方法之一，现在仍在使用。但是，进气管真空度的检测也有不足之处，它往往不能指出故障的确切部位。比如，利用真空表能测出气门有故障，但是，是哪一个气门有故障，它就无能为力了。这就需要结合气缸压力检测或气缸漏气量(率)检测，才能加以确诊。

2. 用示波器观测真空度波形

用示波器观测真空度波形，同样会起到分析、判断气缸密封性和诊断相关机件故障的作用。当采用元征 EA-2000 型发动机综合性能检测仪检测进气管真空度波形时，其方法如下。

(1) 发动机运转至正常工作温度。

(2) 将检测仪真空度传感器的橡胶软管通过三通接头连接到发动机的真空管上，电控燃油喷射发动机的真空软管一般都在发动机总成顶部，拔下一端后通过三通接头即可连接检测仪传感器。

(3) 使发动机转速稳定在 1700r/min 左右。

(4) 在主菜单下的副菜单上选择“进气管内真空度”，进入真空度检测状态。

(5) 按下检测界面下方的“检测”按钮，检测仪高速采集进气管真空度值，并显示出被测发动机的真空度波形。

(6) 对波形观测、分析和判断。

(7) 再单击“检测”按钮，高速采集结束。

(8) 必要时可按下 F4 键，检测仪提供 4 缸、6 缸或 8 缸的进气管真空度标准波形。

其中，4 缸和 6 缸发动机进气管真空度标准波形分别如图 3.17 和图 3.18 所示。

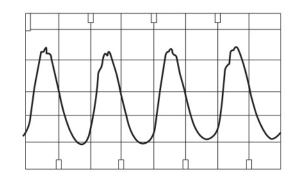


图 3.17　4 缸发动机进气管真空度标准波形

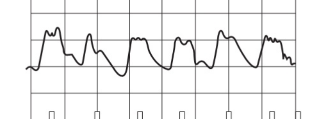


图 3.18　6 缸发动机进气管真空度标准波形

除此之外，还提供了进气门开启不良、进气门漏气、排气门开启不良和排气门关闭不良等故障波形，以供观测波形时对照、分析和判断。4 缸发动机第 4 缸进气门严重漏气波形如图 3.19 所示。

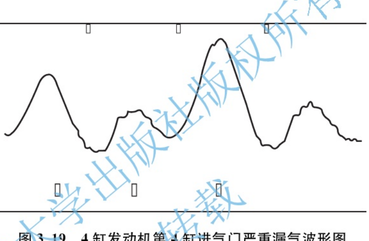


图 3.19　4 缸发动机第 4 缸进气门严重漏气波形图

(9) 按 F2 键可对数据进行存储，按 F3 键可进行图形存储，按 F6 键可进行图形打印。

(10) 测试结束，按 F1 键，返回主菜单。

3.2.4　曲轴箱窜气量检测

随着气缸活塞配合副的磨损，窜入曲轴箱的气体量增加。据资料介绍，国外新发动机曲轴箱窜气量为 15～20L/min，磨损后的发动机则高达 80～130L/min。可见，发动机工作时单位窜入曲轴箱的气体量，可以作为衡量气缸活塞配合副密封性的评价指标。

1. *检测原理*

气缸活塞组配合副磨损、活塞环弹性下降或粘结均会使密封性下降，工作介质和燃气将会从不密封处窜入曲轴箱。窜入曲轴箱的气体量越多，表明气缸与活塞、活塞环间不密封程度越高。窜入曲轴箱的废气可以溢出的通道有加机油口、机油尺口和曲轴箱强制通风阀，如图 3.20 所示。

显然，曲轴箱窜气量与使用工况有关。但在确定工况下，曲轴箱窜气量，可反映气缸活塞组的技术状况或磨损程度。图 3.21 所示表明曲轴箱窜气量与功率、油耗的关系。

检测发动机工作状态下单位时间内窜入曲轴箱的气体量，可用于评价气缸活塞配合副的密封性。

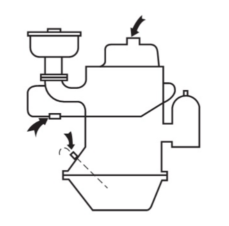


图 3.20　曲轴箱废气可以溢出的通道

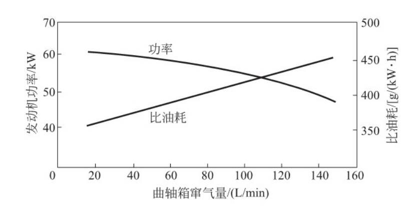


图 3.21　曲轴箱窜气量与功率、油耗的关系

2. 检测方法

由于从曲轴箱窜出的气体具有温度高、量小、脉动、污浊的特点，因而检测难度较大。曲轴箱窜气量可采用曲轴箱窜气量检测仪检测。早期生产的检测仪由气体流量计及与之相连的软管、集气头构成。曲轴箱窜出的废气经集气头、软管输送到气体流量计，并测出单位时间流过气体流量计的废气流量。目前，曲轴箱窜气量检测仪使用微压传感器。当废气流过取样探头孔道时，在测量小孔处产生负压，微压传感器检测出负压并将其转变成电信号。流过集气头孔道的废气流量越大，测量小孔处产生的负压越大，微压传感器输出的电信号越强。该信号输送到仪表箱，由仪表指示出大小，以反映曲轴箱窜气量的大小。曲轴箱窜气量检测仪如图 3.22 所示。

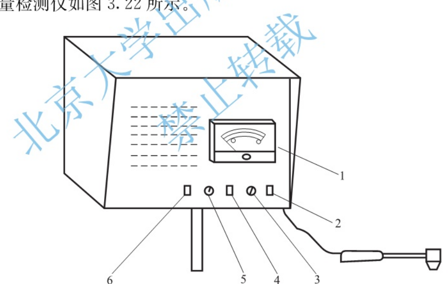


图 3.22　曲轴箱窜气量检测仪

1—指示仪表；2—预测按钮；3—预调旋钮；4—挡位开关；5—调零旋钮；6—电源开关

测试步骤如下：

(1) 打开电源开关，按仪器使用说明书的要求对检测仪进行预调。

(2) 密封曲轴箱，即堵塞机油尺口、曲轴箱通风进出口等，将取样探头插入机油加注口内。

(3) 起动发动机，待其运转平稳后，仪表箱仪表的指示值即为发动机曲轴箱在该转速下的窜气量。曲轴箱窜气量除与发动机气缸活塞副技术状况有关外，还与发动机转速和负

荷有关。在检测时，发动机应加载，节气门全开(或柴油机最大供油量)，在最大转矩转速(此时窜气量最大)时测试。发动机加载可在底盘测功机上实现。测功机的加载装置可方便地通过滚筒驱动车轮和传动系统对发动机进行加载，可使发动机在全负荷工况下从最大转矩转速至额定转速的任一转速下运转，可用曲轴箱窜气量检测仪检测出任一工况下曲轴箱的窜气量。

对曲轴箱窜气量，还没有制定出统一的检测标准。同时，由于曲轴箱窜气量大小还与缸径大小和缸数多少有关，因此很难把众多车型的曲轴箱窜气量综合在一个检测标准内。维修企业和汽车检测站应积累具体车型的曲轴箱窜气量检测数据资料，经分析整理后制定企业标准，以作为检测依据。对于东风 EQ1090E 汽车和解放 CA1091 汽车，可用以下试验分析结果作为曲轴箱窜气量检测时的参考标准。

东风 EQ1090E 型汽车，2000r/min 时窜气量≤70L/min；

解放 CA1091 型汽车，1000r/min 时窜气量≤40L/min。

曲轴箱窜气量大，一般是因气缸、活塞、活塞环磨损最大、配合间隙增大或活塞环对口、结胶、积炭、失去弹性、断裂及缸壁拉伤等原因造成，要结合使用、维修和配件质量等情况进行分析判断。

3.3　汽油机燃油供给系统检测与故障诊断

3.3.1　汽油机混合气质量检测

汽油机燃油供给系统的作用是根据发动机各种工况的要求，向气缸即时提供一定数量和浓度的可燃混合气，以便在临近压缩终了时使发动机点火燃烧而膨胀做功，最后把燃烧产物排至大气。燃油供给系统是发动机较易发生故障的系统之一，其技术状况好坏直接影响着发动机的动力性、经济性和工作稳定性。

汽车发动机的燃油供给系统，必须根据发动机的工况供给气缸高质量的混合气，只有这样，发动机才能正常工作并具有良好的动力性和经济性。混合气质量是发动机燃油供给系统检测的综合性检测项目。

混合气质量一般用空燃比(A/F)或过量空气系数(α)评价。空燃比指可燃混合气中空气的质量与燃油质量的比值。理论空燃比为 14.7，即 1kg 汽油完全燃烧所需要的空气质量为 14.7kg。过量空气系数是燃烧过程中实际供给的空气质量与理论上完全燃烧所需要空气质量的比值。

1. 空燃比的直接测定

利用空气流量计和燃油流量计分别测出进入化油器的空气质量和燃油质量，如图 3.23 所示，空燃比可经过计算求得。

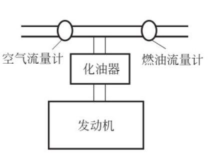


图 3.23　空燃比测定原理框图

空气质量的测量有体积法和质量法两种。当采用体积法测量时，应考虑发动机工作温度、空气滤清器洁净程度、发动机工况、海拔高度等因素对测量结果的影响。

发动机工况改变时，由于化油器燃油供给系统混合气形成过程有较大惯性或滞后性，所以该测量方法仅适合于工况稳定时空燃比的测量。

2. 空燃比的间接分析

空燃比的间接分析从以下两方面进行介绍。

1）汽油机排气成分与空燃比的关系

在保证发动机动力性的前提下，获得最佳经济性和排气净化，是发动机燃油供给系统技术状况良好、供给可燃混合气质量高的表现。随着世界各国制定的汽车排放法规逐步严格，汽车排放废气中的成分及含量也逐渐成为评价混合气质量的重要指标。

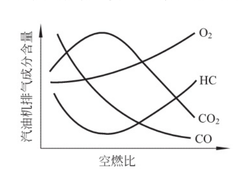


图 3.24　汽油机排气成分与空燃比的关系

在一定的发动机转速和节气门开度下，空燃比或过量空气系数与发动机排放废气的成分及含量间存在一定关系，如图 3.24 所示。由图可见，当 A/F 值低时，混合气较浓，燃油在燃烧过程中缺氧，一部分燃油未经燃烧而排出。HC 排放值较高；当 A/F 值高时，混合气较稀，若稀到一定程度，就会发生缺火现象，未燃的 HC 经排气管排出，HC 排放量也增大。CO 生成的主要原因是空燃比低，A/F 值低时，混合气浓，燃油缺氧燃烧会产生大量的 CO；当 A/F 值高时，燃油在高氧含量状态下燃烧，排气中的 CO 含量降低。由图可见，CO 含量与空燃比的大小有极好的对应关系，可通过检测废气中 CO 的含量来判断空燃比的大小。汽车排气中的含氧量，是电控燃油喷射式发动机监测空燃比、控制排放量、保护三元催化反应器正常工况的重要信号。排气中氧的含量与空燃比亦有很好的对应关系，但变化趋势与 CO 含量的变化趋势相反。

2）空燃比的分析方法

根据发动机排气成分的检测结果可对混合气的空燃比是否适当进行分析。如果排出的废气中 CO、HC 的含量很高，CO_2 和 O_2 的含量很低时，表示空燃比太小，混合气过浓；如果 HC、O_2 的含量高，而 CO、CO_2 的含量均较低时，表明空燃比太大，混合气过稀。

O_2 的含量是最有用的诊断分析依据之一。发动机技术状况正常时，装有催化转换器的发动机所排出废气中氧的含量体积分数为 1.0%～2.0%。小于 1.0%时，说明空燃比太大，混合气过稀，易导致缺火。

由于发动机排气成分与空燃比具有直接关系，因此可在使用废气分析仪对发动机排放进行监测的条件下，对化油器或电控燃油喷射装置进行调整，改善混合气质量，使其达到各工况下的最佳空燃比，以提高发动机的动力性、经济性和排放性能。

3.3.2　汽油泵的检测

下面主要介绍汽油泵供油压力、泵油量和密封性的就车检测。以机械膜片式汽油泵为例，主要检测其泵的压力、泵油量和密封性是否符合原厂规定。

1. 泵油压力和密封性的检测

就车检测泵油压力和密封性时，在化油器进油针阀密封性良好的情况下，用三通接

气流量、水温、气温、气压等信号计算确定，一般为0.8～1.1ms；4为基本供油电压信号终止时刻，喷油器线圈因自感而产生约35V的电压脉冲；5为补偿加浓时期，该时期长短由ECU根据各种传感器输送的有关转速、负荷、进气温度、进气歧管压力的信息计算确定，一般约为1.2～2.5ms；6与4相似，为补偿加浓电压信号终止时在喷油器线圈中产生的自感电压脉冲，一般为30V。

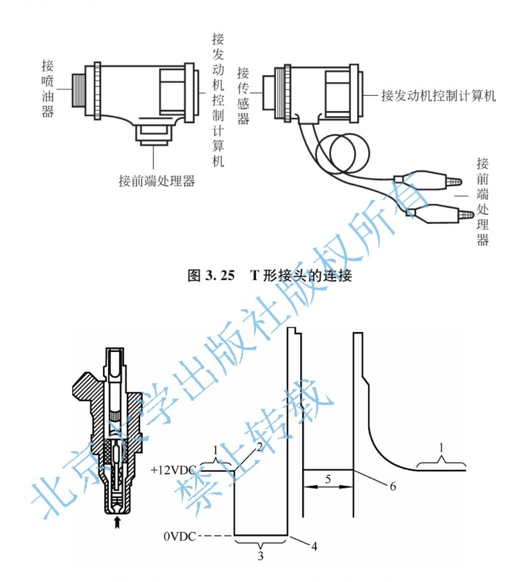


图3.25　T形接头的连接

图3.26　喷油器喷油电压信号波形(峰值保持型)

2. 燃油压力的检测

对于MPI多点燃油喷射系统而言，压力检测时应把压力表接到燃油分配总管的测压接口上，使油泵工作或发动机怠速运转，从压力表上可测得调节压力；拔掉燃油压力调节器上的真空软管，可测得系统压力。保持压力是指发动机熄火后为便于再次起动，燃油管路中所应保持的压力。测得系统压力后，将发动机熄火，待10min或20min后，压力表上指示的压力值就是保持压力。保持压力低的原因是由于燃油泵单向阀不密封或喷油器、燃油压力调节器泄漏。

对于SPI单点燃油喷射系统，一般情况下应检测系统压力或调节压力，压力表应安装在喷油器与滤清器之间。

电控燃油喷射系统供油压力和供油量的规定值见表3-7。

表 3－7　电控燃油喷射系统供油压力和供油量的

类　　型	测试项目		压力值/MPa	测试条件
MPI 型电控喷射系统	系统压力		0.25～0.35	油泵运转或怠速
	调节压力		0.20～0.26	
	系统保持压力	10min 后	大于 0.20	熄火后开始计时
		20min 后	大于 0.15	
	油泵压力		0.5～0.7	油泵运转
	油泵保持压力		0.35	油泵运转
	油泵供油量/(L/min)		1.2～2.6	油泵运转
SPI 型电控喷射系统	系统压力		0.07～0.10	油泵运转或怠速
	调节压力		0.10	
	调节保持压力		0.05	
	油泵压力		0.30	油泵运转
	油泵供油量/(L/min)		0.83～1.5	油泵运转

3.3.4　燃油消耗量检测

燃油消耗量的检测，可采用测定其容积、质量、流量和流速等方法，其中容积法和质量法较常用，特别是容积法应用更为广泛。发动机台架试验时，容积法和质量法是测定发动机消耗一定体积燃油或一定质量燃油所经过的时间，由燃油量和时间计算单位时间的燃油消耗量。汽车道路试验或整车在底盘测功试验台上检测燃油消耗量时，则是测试汽车通过一定路程时消耗的燃油量和经过的时间，然后由燃油量、路程和时间，计算试验车速下单位里程体积燃油消耗量、100km 体积燃油消耗量、100t · km 体积燃油消耗量或单位体积油耗行程。

就车测定燃油消耗量时，须采用车用油耗计。这种仪器体积小、质量小，使用方便，能以蓄电池为电源，可随车使用。

3.3.5　电控汽油机燃油供给系统常见故障诊断

随着汽车电子技术的发展，装备电控燃油喷射系统的汽油机逐渐取代了化油器式汽油机，我国也已经禁止生产化油器轿车。电控燃油喷射汽油机与化油器式汽油机供给系的故障诊断差别很大，电喷汽油机供给系一般来说故障率较低。

通过检测发动机运转时燃油管路内的油压，可以判断电动汽油泵或油压调节器有无故障，汽油滤清器是否堵塞等。检测燃油压力时，应准备一个量程为 1MPa 左右的油压表及专用的油管接头，按下列步骤检测燃油压力。

1）油压表的安装

油压表的安装方法如下。

（1）将燃油系统卸压。起动发动机，在发动机运转中拔下电动汽油泵继电器（或拔下电动汽油泵电源插头），待发动机自行熄火后，再转动起动开关，起动发动机 2～3 次，燃油压力即可完全释放，然后将点火开关置于 OFF 位置，装上电动汽油泵继电器（或插上电动汽油泵电源接线）。

(2) 拆下蓄电池负极搭铁线。

(3) 拆除冷起动喷油器油管接头螺栓(拆开螺栓时，要用一块棉布包住油管接头，以防汽油喷溅)，将油压表和油管一起安装在冷起动喷油器油管接头上，如图3.27(a)所示。油压表也可以安装在汽油滤清器油管接头，分配油管进油接头，或用三通接头接在燃油管道上便于安装和观察的任何部位，如图3.27(b)所示。

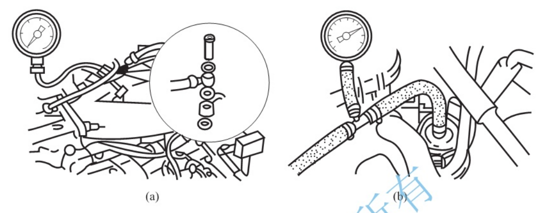


图3.27　油压表的安装

(4) 重新装上蓄电池负极搭铁线。

2) 测量静态油压

(1) 用一根短导线将电动汽油泵的两个检测插孔短接。

(2) 将点火开关转至ON位置(但不要起动发动机)，让电动汽油泵运转。

(3) 测量燃油压力。其正常油压应为300kPa左右。若油压过高，应检查油压调节器；若油压过低，应检查电动汽油泵、汽油滤清器和油压调节器。

(4) 拔掉电动汽油泵检测插孔的短接线，将点火开关转至OFF位置。

3) 测量保持压力

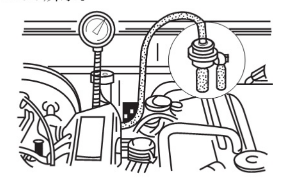
测量静态油压结束5min后，再观察油压表指示的油压。此时的压力称为燃油系统保持压力，其值应≥147kPa。若油压过低，应进一步检查电动汽油泵保持压力、油压调节器保持压力及喷油器有无泄漏。

4) 测量运转时燃油压力

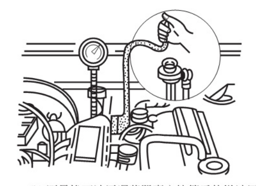
(1) 起动发动机。

(2) 让发动机怠速运转，测量此时的燃油压力，如图3.28(a)所示。

(3) 缓慢开大节气门(踩下加速踏板)，测量在节气门接近全开时的燃油压力，如图3.28(a)所示。



(a) 测量怠速及节气门全开时的燃油压力



(b) 测量拔下油压调节器真空软管后的燃油压力

图3.28　燃油压力的测量

(4) 拔下油压调节器上的真空软管，并用手堵住，如图 3.28(b)所示，让发动机怠速运转，测量此时的燃油压力。该压力应和节气门全开时的燃油压力基本相等。

不同车型燃油系统的燃油压力各不相同，请参阅具体车型维修手册。若测得油压过高，应检查油压调节器及其真空软管；若测得的油压过低，则应检查电动汽油泵，汽油滤清器及油压调节器。

5) 测量电动汽油泵最大压力和保持压力

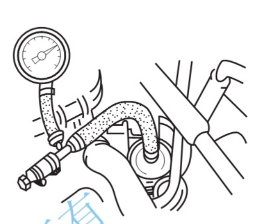


图 3.29　测量汽油泵的最大压力和保持压力

(1) 将燃油系统卸压。

(2) 拆下蓄电池负极搭铁线。

(3) 将油压表接在燃油管路上，并将出油口塞住，如图 3.29 所示。

(4) 接上蓄电池负极搭铁线。

(5) 使用一根导线将电动汽油泵的两个检测插孔短接。

(6) 将点火开关转至 ON 位置，持续 10s 左右(不要起动发动机)，使电动汽油泵工作，同时读出油压表的压力。该压力称为电动汽油泵的最大压力。它应当比发动机运转时的燃油压力高 200～300kPa，通常可达 490～640kPa。如不符合标准值，应更换电动汽油泵。

(7) 将点火开关转至 OFF 位置，5min 后再观察油压表的压力，此时的压力称为电动汽油泵的保持压力。其值应大于 340kPa，如不符合标准值，应更换电动汽油泵。

(8) 拆下油压表。

6) 测量油压调节器保持压力

当燃油系统保持压力不符合标准值(<147kPa)时，应进行此项检查，以便找出故障原因。其检查方法如下。

(1) 将油压表接入燃油管路。

(2) 用一根短导线将电动汽油泵的两个检测插孔短接。

(3) 将点火开关旋至 ON 位置，并保持 10s，让电动汽油泵运转。

(4) 将点火开关旋至 OFF 位置，拔去电动汽油泵检测插孔上的短接导线。

(5) 用包上软布的钳子将油压调节器的回油管夹紧。

(6) 5min 后观察燃油压力，该压力称为油压调节器保持压力。

7) 油压表的拆卸

(1) 释放燃油系统的油压。

(2) 拆下蓄电池负极搭铁线。

(3) 拆下油压表。

(4) 重新装好油管接头。

(5) 接好蓄电池负极搭铁线。

(6) 再建立燃油系统的油压。

(7) 检查油管各处有无漏油。

电控燃油喷射系统的故障还与进气系统、控制元件和各传感器有密切的关系，故障诊断过程中要根据具体情况分析。

3.4 柴油机燃油供给系统检测与故障诊断

由于柴油机具有热效率高、可靠性强、排气污染少和较大功率范围内的适应性等优点，因而在汽车上的应用越来越广泛。与汽油机相比，柴油机最大的不同点是所用燃料和燃料供给、着火方式的不同。汽油机吸入气缸中的混合气是由电火花点燃的；而柴油机的着火方式是压燃，即在压缩行程接近终了时，把柴油喷入气缸，使之与空气混合成可燃混合气，并利用空气压缩所形成的高温、高压使其自行发火燃烧。柴油机燃油供给系统的作用是根据柴油机各种工况的需要，将适量的柴油在适当的时间并以合理的空间形态喷入燃烧室，即对燃油喷入量、喷油时间和油束的空间形态三方面进行有效控制。柴油机燃油供给系统的技术状况对于混合气的形成及燃烧过程的组织具有重要作用，是对发动机的动力性和经济性影响最大的因素。

3.4.1 柴油机混合气质量检测

与汽油机混合气质量的检测方法类似，柴油机燃油供给系统供给气缸的混合气质量也可采用两种方法测定：①直接测定，即分别测出进入气缸的空气量和燃油量，计算出混合气的空燃比或过量空气系数；②测试柴油机排放废气的烟度。根据空燃比或过量空气系数与烟度的关系对混合气质量进行分析评价。以下主要介绍第二种方法。

在一定工况下，发动机的过量空气系数取决于进入气缸的空气量和喷油器的喷油量。对于柴油机而言，过量空气系数 α 只能通过改变供油量调整，即 α 主要与供油量的多少有关。一般情况下，柴油机每一工况对应于一个确定的 α 值(称冒烟界限)。低于该值时，混合气过浓，燃烧不完全，烟度增大。若进气系统工作状况正常，则由冒烟界限决定柴油机在各种工况下的极限供油量。由于在不同转速下，冒烟界限有所不同，因此不同转速下的极限供油量也会有所不同。如果在任何转速下，喷油泵——喷油嘴的供油量均低于极限供油量，柴油机排放废气的烟度就较低。

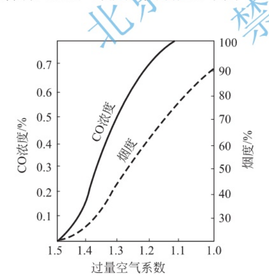


图 3.30 CO 浓度、烟度与过量空气系数的关系

如图 3.30 所示为柴油机所排放废气中 CO 浓度、烟度与过量空气系数的关系。由图可见，烟度与过量空气系数几乎成线性关系。为此，可根据测得的柴油机排放废气的烟度值反映混合气质量好坏以及过量空气系数是否适当；同时，可以在对排放烟度值进行监测的条件下，对喷油泵的循环供油量进行精确调整，以改善可燃混合气质量，提高柴油机的动力性、经济性和排放性能。

3.4.2 喷油压力波形分析

柴油机喷油泵和喷油器的技术状况决定了燃油的喷射质量，从而对柴油机的工作性能有很大影响。在不解体的情况下，可以通过燃油喷射过程中高压油管中的压力变化来

检测柴油机燃油供给系统的技术状况。因为当燃油供给系统某一个主要零、部件工作不良时，必然会对燃油喷射过程产生影响，其喷油压力波形也会发生变化，因此，根据测得的喷油压力波形的特征并与标准波形进行比较，就可以据此判断燃油供给系统的故障原因。

1. 燃油喷射过程

如图 3.31 所示为在有负荷情况下实测得到的高压油管内压力 p 和喷油器针阀升程 S 随凸轮轴转角 θ 变化的关系曲线。由于在高压油管内靠近喷油泵端和靠近喷油器端的压力并不完全相同，因此分别给出了燃油喷射过程中该两端的压力变化曲线。

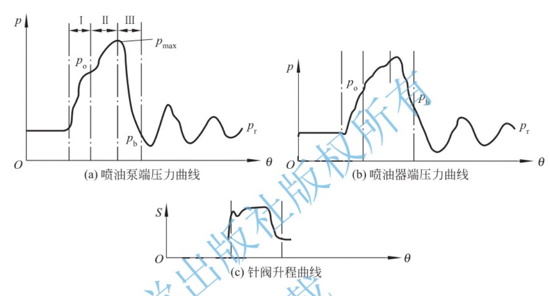


图 3.31　高压油管内压力和喷油器针阀升程随凸轮轴转角变化的关系曲线

图中，高压油管中的压力 p_o、p_{max}、p_b、p_r 分别表示针阀开启压力、最高压力、针阀关闭压力和油管中的残余压力。整个燃油喷射过程中，高压油管中的压力变化可分为 3 个阶段：第Ⅰ阶段为喷油延迟阶段，对应于从喷油泵泵油压力上升到超过高压油管内的残余压力 p_r，燃油进入油管使油压升高到针阀开启压力 p_o 的一段时间，即喷油泵供油始点至喷油器喷油始点的一段时间。若针阀开启压力 p_o 过高、高压油管渗漏，出油阀偶件或喷油器针阀偶件不密封而使残余压力 p_r 下降，以及增加油管长度或增加高压油系统的总容积，均会使喷油延迟阶段增长。第Ⅱ阶段为主喷油阶段，其长短取决于喷油泵柱塞的有效供油行程，并随发动机负荷大小而变化，负荷越大，则该阶段越长。第Ⅲ阶段为自由膨胀阶段，当柱塞有效行程结束、出油阀关闭后，尽管燃油不再进入油管，但由于油管中的压力仍高于针阀关闭压力 p_b，燃油会继续从喷孔中喷出。若油管中最大压力 p_{max} 不足，该阶段缩短，反之则该阶段延长。

由图可见，喷油泵的实际供油阶段为第Ⅰ、Ⅱ阶段，喷油器的实际喷油阶段为Ⅱ、Ⅲ阶段。若循环供油量即柱塞有效行程一定，则第Ⅰ阶段延长和第Ⅲ阶段缩短时，喷油器针阀开启所对应凸轮轴转角减小，喷油量减少；反之，若第Ⅰ阶段缩短、第Ⅲ阶段延长，则喷油量增大。可见，压力曲线上 3 个阶段的长短，对发动机工作状况的好坏会产生影响。对多缸发动机而言，若各缸供油压力曲线上的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ段不一致，则对发动机工作性能的影响会更大。

2. 压力波形检测

采用柴油机专用示波器和柴油机综合测试仪、汽柴油机综合测试仪等，均能在柴油机不解体情况下，检测各缸高压油管中的压力波形和喷油器针阀升程波形。通过波形分析，不但可以得到最高压力 p_{max}，针阀开启、关闭压力 p_o、p_b，以及残余压力 p_r，还可判断喷油泵、喷油器故障和各缸喷油过程的均匀性。

检测时，检测仪经预热、自校、调试后，把串接式油压传感器按使用要求安装在高压油管与喷油器之间或把外卡式油压传感器按要求卡在高压油管上，将发动机转速稳定在800～1000r/min，按使用说明书的要求通过按键选择，屏幕上即可出现被测发动机的供油压力波形。

高压油管内的压力波形，可通过按键选择用全周期单缸波、多缸平列波、多缸并列波和多缸重叠波 4 种方式进行观测。

全周期单缸波是指喷油泵凸轮轴旋转 360°时某单缸高压油管中的压力变化波形，如图 3.32所示。

多缸平列波是以各缸高压油管中的残余压力 p_r 为基线，按发火次序把各缸压力波形从左到右首尾相接所形成的波形，利用该波形可比较各缸的 p_o、p_b 和 p_{max} 的大小是否一致，如图 3.33 所示。

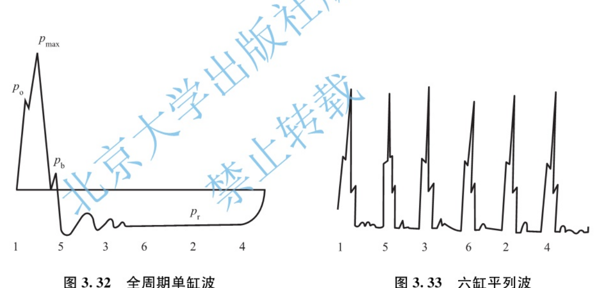


图 3.32 全周期单缸波

图 3.33 六缸平列波

多缸并列波是指把各缸压力波形首部对齐，按发火次序在垂直方向上自下而上展开所形成的波形。通过比较各缸压力波形三阶段面积的大小即可判断各缸喷油量的一致性，如图 3.34 所示。

多缸重叠波是指将各缸压力波形首部对齐重叠在一起所形成的波形，利用重叠波可比较各缸压力波形的高度、长度、面积和各缸 p_o、p_b、p_{max}、p_r 的一致性，如图 3.35 所示。

观测针阀升程波形时，应拆下所测缸喷油器的回油管，并旋入针阀传感器。当传感器触杆被顶起时，把传感器锁紧，按使用要求通过按键选择，被测缸的针阀升程波形则会显示在屏幕上。必要时，可把该缸针阀升程波形和压力波形同时显示在屏幕上，以便对照观测。

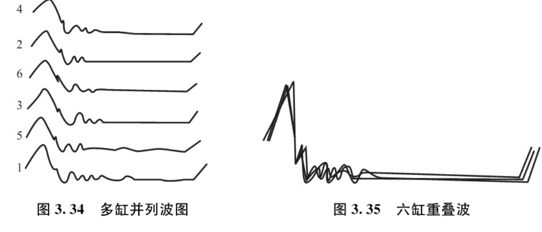


图 3.34　多缸并列波图　　　图 3.35　六缸重叠波

3. 压力波形分析

1）典型故障波形

把所测压力波形与典型供油压力波形比较，可判断喷油泵或喷油器故障，常见的故障波形如下。

（1）喷油泵不泵油或喷油器在开启位置“咬死”不能关闭。当喷油泵柱塞弹簧折断或因其他原因而使喷油泵不泵油或泵油很少时，高压油管内的压力很低；喷油器针阀在开启位置“咬死”不能落座关闭时，高压油管内同样不能建立起足够高的喷油压力，此时的故障波形如图 3.36 所示。

（2）喷油器在关闭位置不能开启。产生该故障的主要原因是针阀开启压力调整过高或喷油器针阀被高温烧蚀而“咬死”。此时，喷油泵正常供油但喷油器不喷油，反映在油压波形曲线上，则曲线光滑无抖动，如图 3.37 所示。

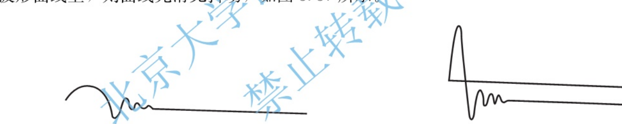


图 3.36　喷油泵不泵油或喷油器针阀在开启位置“咬死”　　　图 3.37　喷油器在关闭位置不能开启

（3）喷油器喷前滴漏。产生喷前滴漏的主要原因是喷油器针阀密封不严，或者针阀磨损过度，或者脏物粘在针阀密封表面。在油压波形曲线上，表现为压力上升阶段有两个抖动点，如图 3.38 所示。

（4）高压油路密封不严。高压油路密封不严时，油压波形曲线残余压力部分呈窄幅振抖并逐渐降低，如图 3.39 所示。

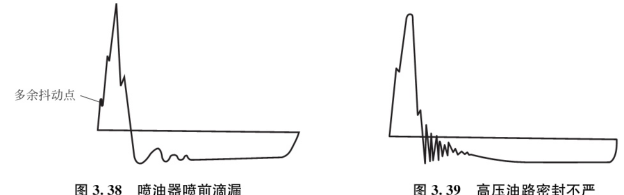


图 3.38　喷油器喷前滴漏　　　图 3.39　高压油路密封不严

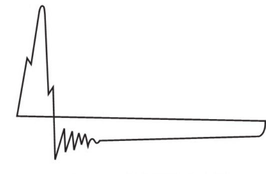


图 3.40　喷油器隔次喷射

(5) 隔次喷射。隔次喷射是指某次喷射后，油管内残余压力低，而下一次供油量又很小，高压油管中产生的油压不足以使喷油器针阀开启，于是燃油储存在油管中，直到第二次供油时针阀才开启，使两次供油一次喷出。隔次喷射一般在供油量较小、喷油器弹簧压力较高时发生。反映在油压波形曲线上，则表现为残余压力部分上下抖动，如图 3.40 所示。

2) 油压检测

为使柴油发动机有良好的工作性能，在发动机各缸油压波形曲线上观测到的最高压力 p_{max}、针阀开启压力 p_o、针阀关闭压力 p_b 和油管中的残余压力 p_r 应基本相等，并符合规定要求。表 3－8 列出了常见柴油车的喷油器喷油压力(喷油器针阀开启压力)。若喷油压力低于规定值时，应在专用喷油器试验台上对喷油器进行调试。

表 3－8　常见柴油车的喷油器喷油压力

车型或发动机型号		喷油压力/MPa	车型或发动机型号		喷油压力/MPa
EQ6100		22	五十铃	TXD50	9.8
EQ6105		18.5		TD72LD	
黄河 JN162		21		TD50A－D	
太脱拉	T138	16.66	日野	KL 系列	11.8
	T148			KM400	
	T815				
斯太尔 91 系列		22.5	三菱扶桑 T653BL		11.8
东风 6102QB		19.5	日产 CWL50P		19.6
红岩 6140		21.5	依发 H6		9.8
斯柯达	706	13.7	沃尔沃 GB－88		18.1
	706R		沃尔沃 N86－44S		15.4
斯柯达 RT		17.2	斯康尼亚 L_{1105}		19.6

3) 各缸供油量一致性检测

在各缸压力 p_o、p_{max}、p_b、p_r 基本一致的前提下，可通过波形比较来检测各缸供油量的一致性。波形比较时，先把发动机转速调整至中、高速，而后利用并列波或重叠波比较各缸油压波形的一致性。若波形三阶段的重叠均较好，则说明各缸供油量比较一致；若某一缸波形窄，则说明该缸供油量小；若波形宽，则说明该缸供油量大。

4) 针阀升程波形

针阀升程波形的观测可对针阀开启、关闭时刻及针阀跳动和不正常喷射现象做出正确判断，喷油器隔次喷射、针阀“咬死”不喷射或喷油泵不供油引起的不喷射、针阀抖动等都会反映在针阀升程波形中。其中，隔次喷射或不喷射在喷油量较小的怠速或低速情况下发生较为频繁。此时，压力波形峰值 p_{max} 和残余压力 p_r 均发生变化，针阀升程波形表现为时有时无或升程时大时小。

3.4.3　供油正时检测

供油正时是指喷油泵正确的供油时刻，可用供油提前角表示。供油提前角则是指喷油泵的柱塞开始供油时，该缸活塞距压缩行程上止点所对应的曲轴转角。供油提前角的大小对柴油机的工作性能有很大影响。柴油喷入气缸后过一段时间(称着火延迟期)才能燃烧；喷油泵向喷油器供油时，由于高压油管的弹性变形、压力的升高和传递过程均使喷油器喷油的时刻滞后于喷油泵供油的时刻。因此，要使活塞在通过压缩行程上止点附近气缸内出现最高爆发压力，以获得最佳燃烧效率，喷油泵必须在上止点前开始供油。供油提前角过大时，气缸内燃油的速燃期在上止点前发生，活塞到达上止点前，气缸内压力升高速率过大或出现压力峰值，将使发动机工作粗暴、功率下降、油耗增加、怠速不良、加速不灵及起动困难；当供油提前角过小时，气缸内燃油的速燃期在活塞越过上止点下行后逐渐发生，将使爆发压力峰值降低，也会使发动机功率下降、油耗增多、加速无力，同时会因补燃增多而使发动机过热。供油提前角的最佳值，应能在供油量和转速一定的情况下，获得最大功率和最小油耗。柴油机的最佳供油提前角应能随转速和负荷变化而变化。转速升高或供油量增大时，供油提前角也应相应增大。有些喷油泵装有供油提前角调节器，可在初始供油提前角的基础上，随转速变化而自动调节。

供油提前角的检测有人工经验检查校正、发动机综合测试仪检测和柴油机供油正时灯检测 3 种方法。

1. 人工经验检查校正

人工经验检查校正的步骤如下。

(1) 摇转曲轴使 1 缸活塞处于压缩行程，当飞轮上的上止点标记与发动机外壳上的标记对准时，停止转动。

(2) 检查喷油泵联轴器从动盘上的刻线记号是否与泵壳前端面上的刻线对齐，如图 3.41 所示。若二者对齐，说明喷油器供油时刻正确；若从动盘刻线位于泵壳前端固定刻线之前，则 1 缸供油迟，反之，则 1 缸供油早。

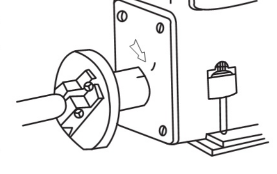
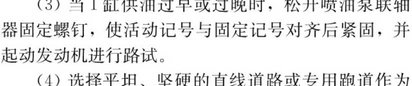


图 3.41　喷油泵 1 缸开始供油记号



(3) 当 1 缸供油过早或过晚时，松开喷油泵联轴器固定螺钉，使活动记号与固定记号对齐后紧固，并起动发动机进行路试。

(4) 选择平坦、坚硬的直线道路或专用跑道作为供油提前角的试验道路，待汽车走热后以最高挡、最低稳定车速行驶，而后将加速踏板猛踩到底使汽车急加速。如果此时柴油机有轻微的着火敲击声，并能在短时期内自行消失，则供油提前角正确；若着火敲击声强烈，且在短时间内不能自行消失，则供油提前角太大；若听不到着火敲击声，且加速无力、排气管冒白烟，则供油提前角太小。当发动机供油提前角过大或过小时，可停车松开喷油器联轴器固定螺栓，使喷油泵凸轮轴逆转动方向或顺转动方向转动少许后固定，反复试车调试直到供油时刻正确为止。

2. 缸压法

使用发动机综合检测仪，采用缸压法可快速检测发动机 1 缸或某缸的供油提前角，其

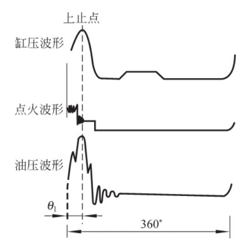


图 3.42 缸压法检测点火、供油提前角原理图

基本原理是：用缸压传感器确定某缸压缩压力最大点（即该缸活塞上止点），用油压传感器确定该缸的供油时刻。二者之间所对应的曲轴转角即是该缸供油提前角的数值，如图 3.42 所示。

测量时，拆下所测缸的喷油器，并在其座孔上安装缸压传感器；把油压传感器按要求串接在所测缸的喷油器和高压油管之间，使喷油器向外喷油；把发动机转速稳定在规定转速 800～1000r/min，根据仪器使用说明书的要求选择按键，即可在屏幕上显示出所测缸供油提前角的检测值。

3. 频闪法

在频闪原理基础上制成的柴油机供油正时仪，其组成、工作原理和使用方法与汽油机点火正时仪基本相同。

检测时，供油正时仪的油压传感器串接于 1 缸高压油管与喷油器之间或外卡于高压油管，使油压脉冲信号转变为电信号，并触发正时灯闪光。闪光一次，则 1 缸供油一次，二者具有相同频率。用正时灯对准 1 缸压缩终了上止点标记，并与供油时刻同步闪光时，可看到运转飞轮或曲轴带轮上的供油提前角记号位于固定记号之前。说明 1 缸供油时，活塞尚未到达上止点，供油时刻在活塞到达上止点前。为测得供油提前角的大小，可调整正时灯上的电位计，使频闪时刻延迟于供油时刻，逐渐使转动部件上的供油提前角标记接近固定标记，并使这两个标记对齐，闪光延迟的时间即为供油提前的时间，经仪器变换为供油提前角数值后，即可在指示装置上显示出来。

调整供油提前角的方法如前所述，调整后的供油提前角应使其符合原厂规定。可采用供油正时仪边检测边调整，以使供油提前角达到规定值。常见柴油汽车发动机供油提前角的规定值见表 3-9。

表 3-9 常见柴油汽车发动机供油提前角的规定值

车型		供油顺序	供油提前角/(°)
黄河	JN1150/100		28～30
	JN1150/106	1—5—3—6—2—4	24±1
五十铃	TD50A-D		17
	TXD50		17
	TD72LC	1—4—2—6—3—5	
日野	KL 系列	1—4—2—6—3—5	18
	KM400		
	650E		10
菲亚特	$682N_3$		24
	$693N_1$	1—5—3—6—2—4	20
三菱扶桑	T653BL	1—5—3—6—2—4	带送油阀 15°，不带送油阀 17°
	T653EL		
斯柯达	706	1—5—3—6—2—4	30
	706R		

（续）

车　型		供油顺序	供油提前角/(°)
太脱拉	138A	1—6—3—5—4—7—2—8	26～28
	$148S_1M$		23～25
依发	H_6	1—5—3—6—2—4	27～29
沃尔沃	GB88	1—5—3—6—2—4	23～24
斯康尼亚	L_{1105}	1—5—3—6—2—4	25
贝利埃	$TQO^{15}M^2 6\times4$	1—5—3—6—2—4	40
却贝尔	D-450	1—3—4—2	19～21

3.4.4　喷油器技术状况检测

喷油器的技术状况决定柴油机燃油的喷射质量，对柴油机的燃烧过程和技术性能有重大影响。

喷油器技术状况的检测应在专用试验器上进行，如图 3.43 所示。试验器由手压油泵、油箱及压力表组成。油箱内的柴油经滤清后流入手压油泵的油腔，压动手压油泵泵油时，高压油经油阀流入喷油器，使喷油器喷油，同时在压力表上显示出油压。

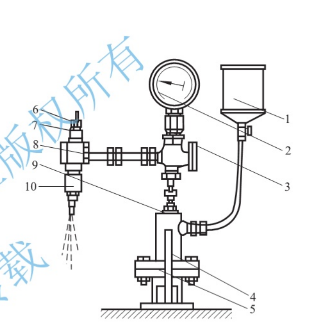


图 3.43　喷油器试验

1—油箱；2—压力表；3—开关；4—高压油泵；5—手柄；6—调节螺钉；7—锁紧螺母；8—高压油管；9—放气螺塞；10—喷油器

1. 喷油压力测试

拆下试验器的锁紧螺母，旋松调节螺钉，然后把喷油器装在试验器上；压动试验器手柄，排出留在油管和喷油器中的空气和脏物。

以每分钟 60 次的速度按压试验器手柄，同时观察喷油器喷油过程中压力表上的读数。各缸喷油器的喷油压力应相同，并应符合制造厂的规定标准。如果喷油器的喷油压力不符合规定，可通过增、减喷油器调压弹簧处的垫片或调整喷油器调压螺钉的旋入量调节喷油压力。旋入调压螺钉时，喷油压力应提高；反之，则应降低。

调整喷油器后，应旋紧试验器锁紧螺母，再次进行喷油压力试验，直至调整至符合标准值。

2. 喷雾质量检查

以每分钟 120 次的速度按压试验器手柄，喷油器喷出的油雾束应细小、均匀呈雾状，油束的锥角、喷射方向应符合要求。

3. 喷油滴漏现象的检查

当以较慢的速度按压试验器手柄，或在低于标准喷油压力时停止按压，喷油器喷孔处不应有油滴流出。

3.4.5 柴油机燃油供给系统常见故障诊断

柴油机在使用过程中因机件磨损及调整、使用不当等原因而导致其技术性能逐渐变坏，往往会出现一些明显的故障。柴油机燃油供给系故障有如下特点。

（1）可燃混合气的形成时间很短，一般为10°～35°曲轴转角。要形成品质良好的混合气，对气缸压力、喷油泵压力、喷油正时、喷油器喷射压力、射程、射柱的锥角等要求十分严格，否则会造成工作无力、大量排烟和工作粗暴等。

（2）柴油机是压燃式发动机。柴油的蒸发性、流动性对外界温度极为敏感，一般设有低温起动预热装置，该装置的电路若发生短路、断路或预热塞损坏，将使柴油机在低温条件下起动困难或不能起动。

（3）柱塞偶件、出油阀偶件和喷油器的针阀偶件是柴油机的精密偶件。它们对柴油的纯净性、流动性、润滑性要求较高。但柴油的物理性能往往不能满足上述要求，而且可能随外界条件的变化而变化。可见，柴油机的故障不但取决于自身的技术状况，而且还受工作环境温度和柴油品质等因素的影响。

（4）由于喷油泵的速度特性，柴油机都装有调速器。调速器的结构比较复杂，如果调整不当，将造成零、部件磨损、连接松旷，使柴油机出现“飞车”。

（5）柴油机混合气浓度取决于各缸的压缩情况、喷油数量和雾化质量等。其浓度和数量都是不均匀的，容易造成运转不稳定。

柴油机燃油供给系的常见故障有柴油机不易起动、柴油机无力、工作不稳、排气烟色异常、气缸有敲击声、飞车等。

1．柴油机起动困难或不能起动

现对柴油机起动困难或不能起动分析如下。

1）现象

接通起动机开关后，起动机不转或空转；柴油机曲轴以起动转速转动，但听不到爆发声音，排气管无烟排出或能听到不连续的爆发声音、排气管少量排烟或大量排白烟、排气管大量排黑烟。

2）原因

（1）燃油没能进入气缸。

① 燃油箱没油或燃油箱开关未打开。

② 油路中有空气或有漏气部位。

③ 柴油滤清器滤芯和输油泵进油口滤网堵塞；油路中软管扭曲、折弯而流油不畅或堵死；冬季使用夏季牌号的柴油，冷凝后析出石蜡或油路结冰而堵塞油路。

④ 输油泵不工作或工作不良。活塞严重磨损或弹簧折断；输油泵进、出油阀严重不密封，活塞和推杆(或挺杆)被卡死。

⑤ 喷油泵不供油。喷油泵内有空气；调速器操纵拉杆脱落；喷油泵驱动联轴器损坏，柴油机不能驱动喷油泵；供油拉杆卡死在不供油位置。

⑥ 喷油器不喷油。高压油管内有空气；喷油器针阀卡死在不供油位置，喷孔被积炭堵塞；喷油压力调整过高而喷油泵柱塞严重磨损，供油压力低造成喷油器不喷油。

（2）供油正时、供油量调整不当。

① 供油时间过迟或供油量太小。供油时间过迟或供油量太小时，柴油机排气管少量排烟或大量排白烟。

a. 联轴器主动盘与主动凸缘之间固定螺栓松动。

b. 喷油泵出油阀不密封，精密偶件严重磨损，以及低压油路溢流阀损坏使供油压力不足，引起喷油泵供油量减少。

② 喷油正时过早或供油量过大。喷油正时过早或供油量过大时，柴油机排气管大量排黑烟。

a. 喷油泵驱动联轴节上的固定螺钉或柱塞挺杆调整螺钉松动；柱塞、挺杆或凸轮磨损过甚。

b. 喷油器针阀粘滞不能关闭；针阀与阀座接触不良或泄漏；喷油压力调整螺钉松动使喷油压力过低。

c. 调节器调整不当，在喷油泵柱塞偶件磨损情况下，供油量调节过大。

（3）其他原因。柴油中含有水分；排气不畅，造成废气排不净；空气滤清器堵塞，造成进气不足；喷油质量差；气缸不密封，气门间隙调整不当，使气缸压缩压力过低。

3）诊断

（1）柴油机转动，排气管不排烟而不能起动。

① 检查油箱内存油量，不足应添加。

② 检查油箱开关是否开启，柴油机熄火拉钮是否回位。若开关已打开，熄火拉钮已回位，则应松开喷油泵上的放气螺钉，使用手油泵或电动输油泵泵油，检查油路是否畅通。若不来油，可扳动手油泵试验，检查油箱—输油泵—喷油泵的油路是否堵塞；若来油，但油中混有大量的气泡，说明油路中有漏气部位，应该在用电动输油泵泵油的同时，检查整个油路中是否有漏油的地方。如果来油正常且无空气，则说明油路畅通、密封良好，应检查输油泵的工作情况。

③ 用起动机带动柴油机运转，旋松放气螺钉，观察该处的流油情况，应该呈油束向外喷射，否则说明输油泵工作不良。

④ 如果输油泵工作正常，则应进一步检查喷油泵是否泵油：看加速踏板拉杆是否脱落；当用起动机带动柴油机运转时，检查喷油泵驱动轴是否转动。打开喷油泵检视孔盖板，检查供油齿杆是否能随着调速器踏板的踏动而灵活地移动。若不能灵活移动，则应拆检喷油泵。若上述检查均正常，应检查高压油管内是否有空气及其连接是否可靠。

⑤ 松开高压油管喷油器一端的固定螺母，用起动机带动柴油机运转，同时将加速踏板踏到底，看松开的部位是否有油喷出。若无油喷出，说明油管中有空气，应使柴油机曲轴持续运转一段时间，排净高压油管内的空气。待高压油管内的空气排净后，继续保持曲轴转动的同时，拧紧各高压油管固定螺母。

⑥ 再次起动柴油机，如果仍无爆发声、则应拆下喷油器进行检修。

（2）排气管少量排烟或大量排白烟而不能起动。

① 检查进、排气通道是否畅通；空气滤清器是否堵塞；排气制动阀是否完全打开。然后拆下低压油路溢流阀(限压阀)，检查其钢球和弹簧是否完好，试验其密封性能否符合要求。如果发现排气通道不畅通或低压油路溢流阀损坏，则应及时排除。

② 检查喷油泵驱动联轴节主动盘与主动凸缘之间的螺栓是否松动。必要时检查供油

正时，其方法是拆下第一缸高压油管，调速器踏板踏到底，设法使柴油充满高压油管接头，然后正转曲轴到高压油管内油面微动时，停止转动曲轴，此时飞轮壳上指针所对的飞轮刻度，就是实际的供油提前角。如果供油提前角不符合规定，应进行适当的调整。

③ 检查喷油器的喷油压力和喷雾质量。如不符合规定应进行检修和调整试验。

④ 检查柴油中是否有水。观察放气螺钉处流出的柴油是否有水珠或者将手挡在排气管处，检查排烟中是否有水，若发现油中有水，应及时予以排除。

⑤ 检查气缸压缩压力。将气缸压力表装在喷油泵安装孔内，并拆下其余各缸喷油器，然后用起动机带动柴油机曲轴旋转，使被检查气缸的活塞压缩 2～3 次，观察气缸压力表指示的压力，应符合技术规定。通常直喷式燃烧室不得低于 2.5MPa；分开式燃烧室不得低于 2.8MPa，否则应检修。

⑥ 气缸压缩压力检查合格后，起动柴油机，若仍不能起动，应检查和调试喷油泵。

(3) 排气口大量排黑烟而不能起动。当出现此故障后应首先检查进、排气通道是否通畅，喷油时间是否正确；再检查喷油器雾化质量；最后检查气缸压力。

2. 柴油机熄火

以下对柴油机熄火进行分析。

1) 柴油机在运转中缓慢熄火

(1) 现象。柴油机运转中渐渐无力，最后自动熄火。

(2) 原因。油箱内柴油已用尽或通气孔堵塞；输油泵不工作；油路堵塞或有空气；溢流阀损坏。

(3) 诊断。

① 检查油箱内是否有油和油箱通气孔是否畅通。

② 拧松喷油泵放气螺钉，用电动输油泵或手油泵泵油，检查油路中是否有空气、检查油路是否畅通，并找出漏气或堵塞的部位。

③ 检查输油泵。如果工作正常，则应检查溢流阀是否正常。

2) 柴油机运转中突然熄火

(1) 现象。柴油机在运转中突然熄火，熄火后不能起动。

(2) 原因。

① 喷油泵驱动轴半圆键剪断或联轴器的胶木传动板碎裂，使喷油泵不能工作。

② 柴油机出现活塞与气缸之间卡死或曲轴出现“抱轴”。

(3) 诊断。起动柴油机，如果柴油机曲轴能转动，说明故障是由喷油泵不工作引起的，应查看联轴节的胶木传动板是否完好，如果传动板完好，则故障可能是由喷油泵驱动轴半圆键损坏造成的；如果曲轴转不动，则可能是活塞与气缸之间卡死或曲轴轴颈之间咬死，造成柴油机突然熄火，应查明原因并予以排除。

3. 柴油机有异响

以下对柴油机有异响进行分析。

(1) 现象。柴油机起动过程中、伴随着排气管的大量排烟而产生敲击声响。加速踏板踏得越快，其响声越大。转速升高后响声渐弱，迅速收回加速踏板使柴油机短时间惯性运转时响声消失，但降到怠速时响声又恢复。

(2) 原因。喷油时间过早或过迟；喷油雾化不良；进气不足；各缸喷油不均；柴油机

温度过低；选用的柴油牌号不当。

（3）诊断。

① 若声响均匀，说明各缸工作情况差不多。其故障原因与喷油正时、进气情况和柴油性能等有关。可先检查喷油正时是否正确。若响声尖锐、清脆、排气管冒黑烟，说明喷油时间过早，可松开喷油泵联轴节连接盘的两个固定螺钉，逆其旋向转动连接盘，声响应该消失。否则说明喷油时间过迟、应顺旋向转动连接盘，以恢复正确的喷油时间。

② 若调整喷油正时的效果不明显，应检查空气滤清器是否堵塞，进气胶管是否凹瘪，其内壁有无脱层堵塞。柴油机进气不足，将会导致燃烧不完全，延长着火延迟期，从而产生严重的着火敲击声。若进气道畅通并仍有响声，便应考虑柴油牌号选择得是否适当。

③ 若响声不均匀，说明各缸工作情况不一致，可用单缸断油法找出工作不良的气缸。若怀疑某缸喷油器工作不良，可用一标准喷油器或与其他缸喷油器调换比较，若这时响声消失(或转移到其他缸)，则表明故障就在喷油器；若怀疑某缸供油量过大，可采用减油法试验，若减油后故障只是减弱，只有断油时才完全消失，说明故障原因系喷油时间过早；若减油后故障消失，则说明判断正确。供油量大小还可以在柴油机运转期间用手触试各缸排气管温度。在同一柴油机上温度高的气缸供油量大，温度低的供油量小。

4. 柴油机“游车”

以下对柴油机“游车”进行分析。

（1）现象。柴油机在运转时，加速踏板停留在一定位置不动，柴油机转速在较大范围内周期性的忽快忽慢地变化，加速踏板位置变化时，柴油机转速滞后，且柴油机工作无力。

（2）原因。

① 喷油泵凸轮轴轴向间隙过大或供油拉杆、齿圈与齿条或调节叉与调节臂之间运动不灵活。

② 调速器内部机件配合过紧或松旷；弹簧变形或断裂；机油太脏或太稠；飞块收张距离不一致等。

③ 油量调节机构机件配合松旷。

④ 飞块组合件与保持架之间运动不灵活。

（3）诊断。

① 检查调速器机油是否过脏或太稠。机油过脏或过稠将增大运动阻力，降低其灵敏度，尤其是对飞球式调速器影响最为明显。

② 拆下喷油泵检视窗盖板，用手捏住供油拉杆(或齿圈)、使齿杆轻轻移动，如果阻力较大，说明故障是由机件的运动阻力引起的，此时应拆下调速器盖，使供油拉杆与调速器脱开，然后分别检查供油拉杆的移动阻力和调速器各活动部位的配合松紧度，并检查调速器内部零件是否完好。如果供油拉杆移动阻力过大，应进一步分解检查；若调速器内部零件配合不当，应逐一检查各活动部位，分别找出其原因予以排除。若轻轻移动供油拉杆时，移动阻力很小、故障是由机件配合松旷引起的，应首先查看供油拉杆与调速器的连接，并检查配合松旷的部位，一手捏住齿圈，一手拉动供油拉杆。如果移动间隙超过规定值，应找出故障所在的部件并将间隙调整适当，检查调速器各活动部位是否松旷。必要时应检修调速器，恢复各活动部位的正常配合间隙。

③ 检查喷油泵凸轮轴向间隙，如果超过规定范围、应进行调整。

④ 检查调速器飞块行程和调速器弹簧的预紧度，使两飞块的行程和两组调速弹簧的预紧度基本相同。

对于装用气动式调速器的柴油机产生“游车”，主要是密封性受到破坏，此时应首先检查真空管和两端接头是否漏气；调速器的密封是否良好和膜片有无破损等。

5．柴油机“飞车”

以下对柴油机“飞车”进行分析。

(1) 现象。柴油机转速失去控制，转速突然升高，以致超过额定转速并伴有声响，俗称“飞车”。

(2) 原因。

① 喷油泵和调速器故障。加速踏板拉杆或供油调节齿杆卡死在最大供油位置上；油量调节拉杆和调速器拉杆脱节，调速器飞块销轴断裂、飞块甩脱。飞块组合件锈死、弹簧折断，滑动销轴与轴套之间卡住，调速器总成从凸轮轴上脱落，失去动力而失效，或机油数量太多、太稠、太脏，使飞块无法甩开；推力斜盘与传动轴套配合表面不光滑，故推力斜盘在轴上不能灵活地旋转和移动；定子盘的橡胶结合块脱落，使定子转动而中断动力的传动；喷油泵柱塞弹簧折断或柱塞卡滞在高速位置，或油量调整齿圈固定螺钉松动，使柱塞失去控制。

② 燃烧室进入额外燃料。装有低温起动装置的电磁阀关闭不严时低压油路的燃油经电磁阀进入进气歧管，然后进入气缸燃烧；空气滤清器的滤芯清洗后，滤芯上的柴油没有吹干而被吸入气缸；惯性油浴式空气滤清器存油过多被吸入燃烧室；带增压器的柴油机，增压器油封损坏，机油会进入燃烧室；气缸内窜油，会使机油进入燃烧室。

(3) 诊断。一旦出现“飞车”，首先应迅速采取必要措施使柴油机熄火，待柴油机熄火后，进一步诊断。

① 迅速抬起加速踏板时，若加速踏板抬不起来，柴油机转到最高速时不再继续升高，可能是加速踏板拉杆卡住。

② 若柴油机转速随加速踏板抬起而下降或者熄火，说明故障是因机油过稠；调速器总成从凸轮轴上脱落；供油调节拉杆和调速器拉杆连接不可靠；调速器弹簧折断或变形；飞块轴销断裂、飞块脱出、受阻滞或碰撞；飞块不能轻易张开，推力不能可靠地传递；调速器杠杆的销子脱落；凸轮轴的轴向间隙太大；高速螺钉或最大油量调节螺钉调整不当等造成的。应相应调整上述有关零、部件。

③ 若抬起加速踏板后，柴油机转速继续升高，则故障可能是供油拉杆卡死，应拆下调速器上盖，用手扳动供油拉杆，若能扳动说明供油拉杆与调速器连接的某一部位卡住，若扳不动说明喷油泵柱塞卡住，应拆检并清理异物，若是柱塞的调整齿扇或调节臂松动，应将其对上记号并拧紧。

若供油系良好，应检查气缸有无额外进入的柴油或机油，如空气滤清器或增压器的机油是否漏入气缸；气缸是否上窜机油；有低温起动预热电磁阀装置的还应检查电磁阀是否关闭可靠。

6．柴油机工作无力

以下对柴油机工作无力进行分析。

1）柴油机运转平稳但高速上不去

(1) 现象。柴油机工作无力，发火尚均匀，但高速提不上去。

(2) 原因。

① 加速踏板销松旷或供油拉杆长度不合适。

② 低压油路供油阻力过大或溢流阀失效或输油泵工作不良，从而造成其油路供油压力过低。

③ 柱塞偶件和针阀偶件磨损、漏油增多。

④ 喷油泵油量调节拉杆达不到最大供油位置；滚轮传动部件磨损过甚；柱塞粘滞或其弹簧折断；出油阀密封不严及扇形小齿轮固定螺栓松动。

⑤ 喷油器泄漏，使喷油量减少；输油泵滤网、油管或柴油滤清器堵塞；调速器调整不当或高速弹簧变软，导致高速转速下降；油路中有空气。

(3) 诊断。

① 加速踏板踏到底时，检查喷油泵操纵臂是否达到最大供油位置。若达不到应检修踏板轴和加速踏板拉杆。

② 松开喷油泵放气螺钉，用电动输油泵或手动油泵泵油，检查低压油路是否畅通。如果泵油时来油不畅或者来油中含有气泡，则应查明堵塞部位，予以排除；如果来油正常，应起动柴油机运转泵油，检查输油泵的工作情况。如果输油泵供油不足，则应检修输油泵。

③ 踏下离合器踏板，将加速踏板踏到底，观察柴油机转速表，若低于柴油机的额定转速，说明调速器调整不当或者是调速弹簧预紧力不足，应拆下喷油泵进行检查和调整。

④ 拆下喷油器、检查各喷油器针阀的密封性和喷油压力。

经上述检查和检修后，故障仍不能排除，则故障在喷油泵，应按要求检修喷油泵。

2）柴油机转速不稳且排气管排黑烟而工作无力

(1) 现象。柴油机运转不均匀，大量排黑烟而工作无力，加速时可听到敲击声。

(2) 原因。

① 喷油泵凸轮轴上的少数凸轮或滚轮传动部件磨损过度。

② 个别柱塞套扇形小齿轮固定螺钉松动、柱塞粘住或弹簧折断、滚轮传动部件调整螺钉调整不当或松动；出油阀磨损或弹簧折断；个别气缸的压力低或供油时间过迟。

③ 喷油器针阀粘住不能关闭或不封闭；调压弹簧断裂或弹力过低；密封垫积炭。

(3) 诊断。

① 运用单缸断油法，辅助听音、观察排气颜色。具体操作：当某缸断油时，若柴油机转速显著降低，黑烟减少，敲击声变弱或消失，说明该缸供油量过多，若柴油机转速无变化或变化甚小，说明该缸供油量少；若柴油机转速变化小而黑烟消失，说明该缸喷油器喷雾质量差。找出有故障的单缸后，再进一步查明故障原因，如喷油泵柱塞副的扇形齿轮固定螺钉有无松动和柱塞弹簧有无断裂等。若均正常，可拆检喷油器。必要时可换装新喷油器进行对比，若新喷油器装上后故障消失，说明原喷油器有故障。

② 经上述检查，故障仍不能排除时，对喷油泵滚轮传动部件有调整螺钉的，应检查各缸喷油正时是否正确一致，必要时进行调整。滚轮调整螺钉的锁紧是靠一螺母来实现的，调整时只要旋松锁紧螺母，再通过旋动调整螺钉予以调整，直到黑烟和敲击声均减轻为止。必要时应拆下喷油泵，在喷油泵试验台上进行调试。

③ 若上述各项检查均正常，但该缸仍燃烧不良，则故障是因气缸压力低造成的，应

对柴油机进行检修，恢复气缸的密封性。

3）柴油机运转不稳且排气管排白烟而工作无力

（1）现象。柴油机运转不均匀并排出大量的烟而无力。其具体现象可能有 3 种情况，即排灰白色的烟雾；排水蒸气状白烟；柴油机刚发动时排白烟，温度升高后变成排黑烟。

（2）原因。喷油时间过迟；柴油内含有水分；气缸破裂而漏水或气缸垫水道孔冲穿与气缸相通；气缸压力过低。

（3）诊断。

① 柴油机工作无力时排灰白色烟雾。一般是喷油时间过迟所致，其征兆是柴油机高速运转时工作不均匀，加速不灵敏、温度过高，排灰白烟。喷油过迟的原因，多系驱动联轴节固定螺栓松动或柴油机装配不当。

② 柴油机工作无力冒水蒸气状白烟。可将手靠近排气管处，当白烟掠过，手面上有水珠，说明气缸中进水，此时可采用单缸断油法找出漏水的气缸。若单缸断油时影响柴油机的转速，说明该缸工作良好。否则说明该缸不工作，应当拆下喷油器，检查喷孔上有无水迹。若发现有水，应查明进水原因，是气缸破裂，还是气缸垫冲坏。若各缸情况一样，仍然工作无力冒水蒸气状白烟，则应检查柴油中是否有水。

③ 柴油机刚起动时冒白烟。刚起动时柴油机冒白烟，温度升高后冒黑烟，说明气缸压力不足，虽尚能维持柴油机起动，但起动时因温度过低，使许多柴油挥发成蒸气，未经燃烧便排出。通常气缸压力不足的原因是：气门关闭不严，配气相位失准、气缸垫或喷油器座孔的密封垫漏气、气缸磨损过大、活塞环有卡滞或各活塞环开口重合等。

4）柴油机排气管排蓝烟而工作无力

（1）现象。柴油机起动初期排气管排蓝烟，温度升高后，排灰色烟，且柴油机工作无力。

（2）原因。油底壳内和空气滤清器油池内的机油平面过高或空气滤清器堵塞；气缸、活塞和活塞环磨损过甚或活塞环在槽内卡滞抱死；具有排气制动阀的车辆，制动阀未打开。

（3）诊断。

① 检查柴油机油底壳中的机油数量、质量和温度。若机油面过高，应放出多余的机油，若机油温度过高、质量变坏，则有可能是气缸垫在机油道处烧毁，应查明原因并排除。

② 检查空气滤清器油池中机油量及滤网情况，若油面过高，应放掉多余的油。若滤网堵塞应予以清洗。

③ 若非上述原因，可拆检喷油器，如果积炭严重，应进一步拆检柴油机，检查活塞环是否有断裂、窜位、咬住、弹力减弱和磨损增大；扭曲环或锥形环是否装反；气缸磨损是否过甚；有无拉缸现象；连杆轴承间隙和气门杆与导管间隙是否过大。

④ 检查柴油机排气制动阀是否打开。

5）柴油机运转平稳但排黑烟且工作无力

（1）现象。柴油机运转均匀，但柴油机工作无力并且大量排黑烟。

（2）原因。空气滤清器过脏；进、排气通道不畅通；喷油泵柱塞偶件严重磨损；喷油时间过迟；喷油器雾化不良；气门间隙过大，造成气门晚开早闭；气缸密封性差。

(3) 诊断。

① 取出空气滤清器滤芯，检查大负荷下运转时，黑烟是否消失。通常滤清器脏污引起的排黑烟，在中小负荷下并不明显，为此，这项检查应在大负荷下对比进行。

② 松开喷油泵供油提前角微调部位(联轴节主动盘与主动凸缘、喷油泵固定法兰与柴油机机体)的紧固螺钉，适当增大供油提前角，起动后观察排气颜色是否变淡。必要时调整供油正时。

③ 检查调整气门间隙。气门间隙过大时，气门迟开早闭，将导致柴油机进气不足或排气不净；气门间隙过小时，柴油机温度升高后，可能造成气门关闭不严，使气缸密封性变坏，空气漏失量增加，气缸压力下降，都会导致燃烧不完全而排黑烟。

④ 在运转状态下、观察曲轴箱通风口是否大量排烟。若排烟量较大，说明气缸不密封，黑烟是因窜气造成的流失和气缸压力低引起的。

⑤ 检查喷油器的喷油压力和喷雾质量，进行必要的检修，然后进行运转试验。

上述各项检查均正常，但故障仍然存在，则说明故障是由喷油泵引起的。应拆下喷油泵在试验台上进行检查调试，着重检查柱塞偶件的密封性和喷油泵的供油起始角是否合格。

6) 柴油机排烟正常但转速不均匀且工作无力

(1) 现象。柴油机转速不均匀、工作无力、但排烟正常。

(2) 原因。个别气缸喷油器针阀卡死，喷孔堵塞；柱塞弹簧折断；出油阀不密封；供油量过小；气门间隙过大。

(3) 诊断。

① 运用感温法和单缸断油法结合柴油机转速的变化，找出不工作气缸。

② 拆下喷油泵检视口盖板，检查柱塞弹簧是否折断；喷油器是否喷油，必要时调整喷油压力，检查喷雾质量。

③ 拆下故障缸的高压油管，用电动输油泵或手动油泵泵油，看高压油管接头中心孔内是否有油溢出。如果有油溢出，说明出油阀不密封，应进行检修。

3.5 点火系统检测与故障诊断

无论是传统触点式点火系统还是无触点电子点火或计算机控制的点火系统，都是由点火线圈通过互感作用把低压电转变为高压电，通过火花塞跳火点燃混合气做功的。点火系统低压部分、高压部分的变化过程是有规律的。把实际测得的点火系统点火电压波形与正常情况下的点火电压波形进行分析比较，便可判断点火系统技术状况好坏及故障所在。

目前，对点火系统进行检测主要是利用仪器分析点火线圈初、次级电压波形(主要是次级电压波形)，进而判断点火系统的工作情况，以及测试点火提前角等。所用仪器，一般是汽车专用示波器或发动机综合性能分析仪。

3.5.1 点火电压波形检测与分析

1. 点火系统的标准波形分析

点火线圈相当于一个变压器。在初级线圈周期性通电和断电的过程中，初、次级线圈

都因电流变化而产生感应电动势，而初、次级电压随时间变化的规律也是相似的。因为次级电压对发动机正常工作至关重要，所以重点分析次级电压的波形。

(1) 传统点火系。传统点火系统的单缸高压标准波形如图 3.44 所示，波形各部分含义如下。

ab：在断电器触点打开的瞬间，初级电流迅速下降至零，磁通也迅速减小，于是次级线圈产生的高压急剧上升。当次级电压还没有达到最大值时，就将火花塞间隙击穿。击穿火花塞间隙的电压称为点火电压(击穿电压)。

bc：在火花塞间隙被击穿时，两电极之间要出现火花放电。同时次级电压骤然下降。

cd：火花塞电极间隙被击穿后，通过电极间隙的电流迅速增加，致使两极之间的可燃气体离子发生电离，引起火花放电。*cd* 称为火花线。

de：当保持火花塞持续放电的能量消耗完毕，电火花消失，点火线圈和电容器中的残余能量以低频振荡形式耗完。

fg：断电器触点闭合，点火线圈初级电路又有电流通过，次级电路感应产生一个负电压。

ga：次级电压由一定的负值逐渐变化到零。振荡表示触点接触不牢靠，当至 *a* 点时，触点又打开，次级电路又产生点火电压。

(2) 故障区划分。根据上述分析，可以将点火电压次级波形按照故障区来划分，如图 3.45所示。

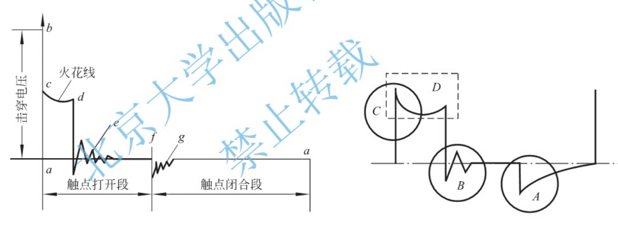


图 3.44　传统点火系的单缸标准点火波形　　**图 3.45　次级波形故障反映区**

A 区：断电器触点故障反映区；

B 区：电容器、点火线圈故障反映区；

C 区：电容器、断电器触点故障反映区；

D 区：配电器、火花塞故障反映区。

(3) 电子点火系统。如图 3.46 所示为某电子点火系统的次级标准电压波形。图中的标注与图 3.44 所示的含义相同。

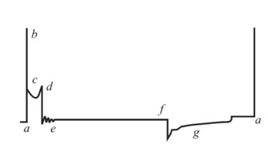


图 3.46　电子点火系标准点火波形

微电脑控制的点火系统或普通电子点火系统的波形与传统白金触点点火系统波形基本相似，主要区别如下。

① 充电效率的提高，使初级电流导通持续时间(闭

合角)由占周期的较大部分变为较小部分。

② 现代发动机的闭合角由 ECU 自动调节。

③ 有的初级电路的控制采用了限流措施。

④ 机械部分故障明显减少。

2. 点火系统的故障波形分析

在上述各种标准波形中，*bd* 段均为点火火花持续时间。一般将发动机运转至正常工作温度，转速达到 2000r/min，正常标准点火持续时间应为 1.5～2.4ms，无分电器点火系统的标准火花持续时间应为 0.8ms 以上。当点火持续时间低于 0.8ms 时，则故障原因可能为高压线电阻过大、分火头间隙和火花塞间隙太大、火花塞温度过冷、气缸压力过高、混合气过稀、点火过迟或气门弹簧太弱等。当点火持续时间高于 2.4ms，则故障原因可能为高压线电阻太小、分火头间隙和火花塞间隙太小、火花塞温度过热、气缸压力太低、混合气过浓、点火过早或气门间隙太小等。

低压波形特别适合对传统(触点式)点火系统故障的分析，它主要可以判断初级断电电路有关电气元件和机械装置的工作状态，如断电器触点烧蚀、电容器漏电、触点弹簧弹力不足、闭合角小等。由于触点式点火系统的使用将越来越少，而且初级故障波形在次级波形上也有所反映，故在此只作次级电压波形分析。

发动机实际点火波形采集到后，与标准波形进行对比，可以较准确地判断出点火系统的故障部位。传统点火系统与电子点火系统的波形及故障分析基本相同，但在触点闭合处或击穿电压产生处波形出现问题时，其故障部位则有所不同。传统点火系统是由断电器触点所造成的，而电子点火系统则是由功率管所造成的。此外，电子点火系统波形闭合段长度、形状与传统点火系统也有所不同，甚至车型之间也有所差异，在波形分析和判断时应加以区别。

图 3.47 所示是一组次级电压的故障波形，其故障波形的分析如下。

(1) 第一次振荡波少，说明点火线圈剩余能量少，可能是低压电路搭铁不良、电阻太大。

(2) 第一次振荡波多，说明高压线圈电阻太大而影响放电量，使能量消耗过程变长。

(3) 第一次振荡波后出现小的多余波形，或振荡波呈上下振荡形式，或振荡波小而少，故障为低压线路有接触不良或接头松动现象，触点式则为触点接触面不平、触点弹力太弱或点火线圈阻抗太大而造成。

(4) 初级电流截止前有小的多余波形，这种情况只在触点式点火系统出现，一般为触点不平，在触点完全打开之前因有瞬间分离而引起电压波动。

(5) 初级线圈闭合段出现多余波形说明初级电路中有接触不良现象。

(6) 电子点火系统限流电路不良。

(7) 高压线路电阻太大或火花塞电阻太大，若没有火花线则为高压线接触不良。

(8) 火花塞间隙太大、混合气太稀或漏气。

(9) 电控发动机喷油器喷油不良。

(10) 火花塞过热或气门漏气。

(11) 混合气太浓或火花塞漏电。

(12) 气缸压力低或混合气太稀。

(13) 分电盘漏电或分火头接触不良。
(14) 火花塞积炭或间隙太小。
(15) 低压电路正负极反接。
(16) 高压电路断路。
(17) 高压电路电阻太小。
(18) 高压线圈漏电。
(19) 低压线圈与高压线圈的接点断线。
(20) 高压线圈与输出点之间间歇性断线。

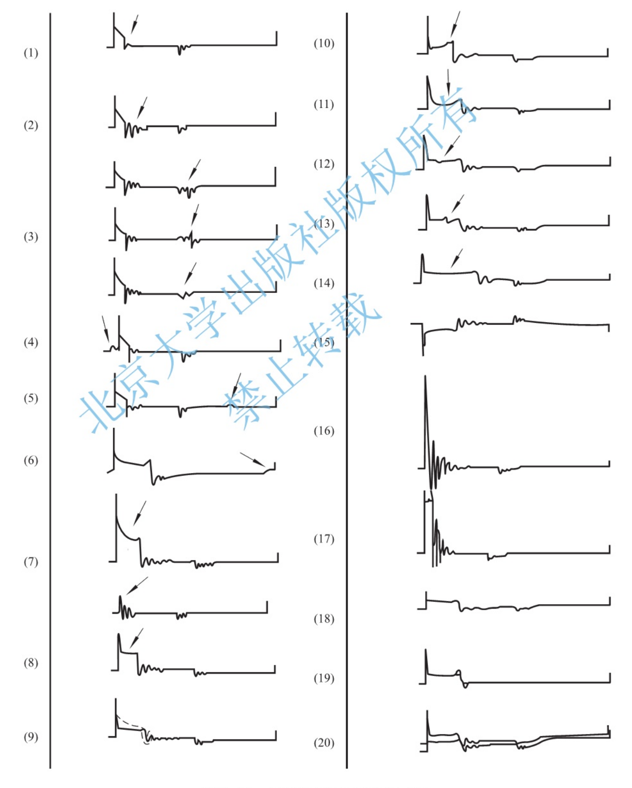


图 3.47　次级电压的故障波形分类

3.5.2 点火正时检测

发动机内可燃混合气的燃烧需要一定的时间。从火花塞开始点火，到可燃混合气完全燃烧，大约需要 2～3ms。为了使活塞到达上止点时，混合气已经充分燃烧，以便发出最大功率，显然应使活塞到达上止点之前点火。

点火正时指正确的点火时间，一般用点火提前角表示。从点火开始到活塞到达上止点为止，在这段时间内，曲轴转过的角度称为点火提前角。点火提前角对发动机的动力性、经济性和排放性能有很大影响，应重视对发动机点火提前角的检测。

最佳点火提前角并非定值，而是应随转速、负荷和汽油辛烷值的改变而变化。在传统点火系统中，点火提前角随转速的变化是通过分电器中的离心提前机构控制；随负荷的变化由真空提前机构调节；而随汽油辛烷值的变化则是在静态条件下，通过调整分电器壳与分电器轴的相对位置而实现的。在现代电子点火系统中，尤其是无分电器点火系统中，转速和负荷相对应的点火提前量是由微处理器根据发动机转速传感器，以及进气真空度、凸轮位置和水温等信号，从预先存储的数据中选定最佳点火提前角，再由微处理器向电子点火器发出指令送到各气缸的点火线圈。

凭经验可以对发动机的点火正时进行粗略检查并校正，但点火提前角的精确检测必须借助于仪器。常用的检测方法有频闪法和缸压法。

1. 频闪法

用频闪法检测点火提前角使用的点火正时仪，又称为正时灯，如图 3.48 所示。

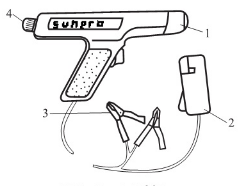


图 3.48 正时灯

1—闪光灯；2—点火脉冲传感器；3—电源夹；4—电位计旋钮

点火正时仪由闪光灯、传感器、整形装置、延时触发装置和显示装置构成。其基本工作原理建立在频闪原理的基础上，即如果在精确的确定时刻，用一束短暂(约 2×10^{-4}s)的且频率与旋转零件转动频率相同的光脉冲，照射相对转动的零件，由于人们视力的生理惯性，似乎觉得零件是不转动的。

(1) 点火正时仪工作原理。在发动机飞轮或曲轴带轮上，一般都刻有标记，曲轴旋转至活动标记与固定标记对齐时，第一缸活塞刚好到达上止点。如果用第一缸的点火信号触发闪光灯，并使之发出短暂光脉冲，当用闪光灯照射刻有活动定时标记的飞轮或曲轴皮带轮时，若发动机转速稳定，则活动标记与闪光灯闪光在光学上是相对静止的，活动标记似乎不动。当闪光灯在第一缸点火信号发生的同时闪光时，一缸活塞尚未到达上止点，活动标记与固定标记尚未对齐，此时两标记之间所对应的发动机曲轴转角即为点火提前角。

(2) 检测方法。检测时，先接上正时灯，再把点火脉冲传感器串接在一缸火花塞与高压线间或卡在一缸高压线上(感应式传感器)，擦拭飞轮或曲轴带轮使之清晰显露出正时标记，使发动机在怠速工况下运转，打开正时灯并使之对准正时标记，调整电位计旋钮，使活动标记与固定标记对齐，此时所显示的读数即为怠速工况下的点火提前角。用同样的方法可测出不同工况下的点火提前角。

发动机怠速运转时，离心式和真空式点火提前装置未起作用或起作用很小，此时测得

的点火提前角为初始提前角。测出的各工况下的点火提前角若符合规定，说明初始点火提前角调整正确，同时说明离心式和真空式点火提前装置工作正常。也可对各种工况下的离心提前角和真空提前角进行测试。拆下分电器真空提前装置的真空软管，用在真空提前装置不起作用时各种转速下的点火提前角减去初始点火提前角，即可得到在各种转速下的离心提前角；在连接真空提前装置真空软管的情况下，用在同样转速下测得的点火提前角减去离心提前角和初始提前角，则又可得到真空提前角。

对于计算机控制的电子点火系统，其点火提前角的检测应按制造厂规定的校准点火正时的步骤进行。检测时，一般应先把发动机罩下的点火正时检验接线柱搭铁，使计算机控制点火提前角不起作用。首先检测基本提前角(即发动机自动控制点火提前装置不起作用时的点火提前角)，检测完后再把搭铁导线拆除。其具体检测方法和步骤应查阅说明书。常见车型发动机的基本点火提前角见表3-10。

表3-10　常见车型发动机的基本点火提前角

车型或发动机型号	基本点火提前角/(°)	上止点标记位置
EQ6100	9	飞轮壳右侧
CA6102	14±2(1200r/min)	
桑塔纳(JV)	6±1(850r/min)	左侧飞轮壳窗口
北京切诺基	12(1600r/min)	曲轴带轮左侧
标致	12(900～950r/min)	
一汽捷达	12(850r/min)	
富康	12(750r/min)	
TJ7100	5±2(800r/min)	左侧飞轮壳窗口

2. 缸压法

当某缸活塞到达压缩行程上止点时，气缸内压缩压力最高。用缸压传感器检测出这一时刻，同时用点火传感器检测出同一缸的点火时刻，二者间所对应的曲轴转角即为点火提前角。用缸压方法制成的点火正时仪，由缸压传感器、点火传感器、处理装置和指示装置等构成。如果正时仪带有油压传感器，还可以用来检测柴油机的供油提前角。许多类型的发动机综合检测仪都具有用缸压法检测发动机点火提前角的功能。如图3.49所示为缸压法检测发动机点火或供油提前角的原理图。

用缸压法点火正时仪或发动机综合检测仪检测发动机的点火提前角时的检测步骤如下。

(1) 运转发动机使其达到正常工作温度后停机。

(2) 拆下某一缸的火花塞，把缸压传感器装在火花塞孔内，如图3.50所示。

(3) 把拆下的火花塞固定在机体上使之搭铁(注意：中心电极不能与机体相碰)，并把点火传感器接在火花塞上，连接好该缸的高压线，此时该火花塞可缸外点火。

(4) 起动发动机，由于被测缸不工作，因而缸压传感器输出的缸压信号反映气缸压缩

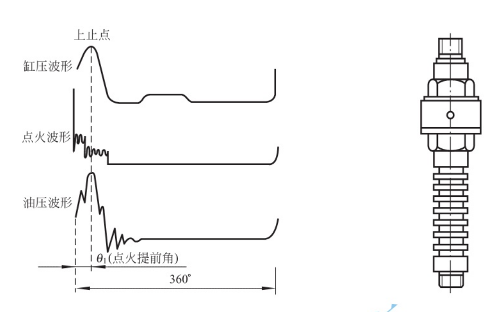


图 3.49　缸压法检测发动机点火或供油提前角的原理图　　图 3.50　缸压传感器

压力大小，其最大值产生于活塞压缩终了上止点，连接在该缸火花塞上的点火传感器输出点火脉冲信号或点火电压波形信号。

(5) 按要求检测怠速、规定转速或任一转速下的点火提前角。

缸压法与频闪法一样，可测初始点火提前角和不同工况下的总提前角、离心提前角和真空提前角。检测点火正时时，一般只测一个缸(如 1 缸)，其他缸的点火提前角决定于点火间隔，而点火间隔可在示波器屏幕上显示的并列波上得到。当各缸点火波形的重叠角很小时，可认为各缸的点火间隔相等，其他缸的点火提前角与被测缸相同，此时被测缸的点火提前角即是整台发动机的点火提前角。

3.5.3　点火系统常见故障诊断

点火系统是汽油发动机最重要的组成部分之一，点火系统性能好坏及技术状况是否完好对发动机的动力性、经济性和排气污染性能等都有很大的影响。汽车在行驶过程中因点火系统故障造成发动机不能工作或工作不良的故障占有很高的比例。可见，快速、准确地检查和诊断汽车点火系统故障所在，对维护汽车正常的技术状况是十分重要的。

1. 传统点火系统常见故障诊断

传统点火系统虽然存在触点易烧蚀、点火能量和点火电压低、高速易断火等先天性不足，将逐步被电子点火系统所取代，但由于其结构简单、工作可靠，因此目前仍有不少汽车还在继续使用。另外，电子点火系统是在传统点火系统的基础上发展而成的，了解传统点火系统的故障诊断方法，对我们进一步掌握电子点火系统的故障诊断是很有帮助的。传统的触点式点火系统，由蓄电池、电流表、点火开关、起动开关、点火线圈、分电器、火花塞和连接低压、高压的导线等组成，其常见故障主要表现为无火、缺火，火花弱和点火不正时，将会造成发动机不能起动或运转不正常。

1) 发动机不能起动

先按喇叭或开前照灯，确定电源供电是否正常。确知电源供电正常后，再判断故障是在高压电路还是在低压电路，打开发动机罩，拔出分电器中央高压线，使其距气缸体 4～6mm，接通点火开关，摇转曲轴，查看火花情况。

(1) 火花强。表示低压电路和点火线圈良好，故障在分电器和火花塞高压电路中。再从火花塞上端拆下高压线头，摇转曲轴对机体试火，如无火花，应检查分火头、分电器盖及高压分线是否漏电；有火花时，需检查点火正时和火花塞的工作情况。

(2) 无火花。表明低压电路有短路、断路或点火线圈、中央高压线有故障。可开、闭触点，观察电流表指针读数：

若电流表指示放电电流为 3～5A 而间歇摆动，则低压电路良好，表明故障发生在高压电路；

若电流表指针不摆动，指示为零，表明低压电路有断路；

若电流表指示放电电流为 3～5A 而不摆动或指示大电流放电，表明低压电路中有搭铁故障。

2) 发动机工作不正常

(1) 有一缸或几缸缺火。发动机如有一缸或几缸缺火就会运转不匀，排气管中排出黑烟并放炮。产生的原因多为高压分线漏电或脱落，分电器盖漏电，凸轮磨损不均，火花塞工作不良或不工作，高压分线插错。

检查时应先找出缺火的气缸，再排除缺火的原因。方法是用旋具将火花塞接线柱逐个搭铁，听发动机运转的声音。如将某火花塞搭铁后，发动机转速无变化，表明该火花塞不工作；反之如发动机转速降低，则表明该火花塞工作良好。

一个缸不工作，应取下缺火气缸的火花塞上的高压分线，使线端距火花塞接线柱 3～4mm，在发动机工作时，该间隙中如有连续的火花且发动机运转随之均匀，表明火花塞积炭；无火花表明高压分线或配电器盖有故障。两个缸不工作时，应检查点火顺序是否正确。如有几个气缸同时不工作，应拔下配电器盖中央高压线做跳火试验。如有火，表示高压电供应正常，故障在配电器盖、高压分线或火花塞；如跳火断续，表明断电器凸轮、电容器或点火线圈有故障。

(2) 点火正时不当。若发动机不易起动，行驶无力，加速发闷，排气管放炮，发动机过热，应检查点火是否过迟，触点间隙是否偏小，分电器壳是否松动；若摇转曲轴起动时反转，加速时爆燃，应检查点火是否过早，触点间隙是否过大。

(3) 高速不良。发动机低、中速工作良好，高速时工作不平稳，排气管放炮并有断火现象，应检查触点间隙是否过大，触点臂弹簧弹力是否过弱，火花塞间隙是否过大，也可能是点火线圈工作不良。

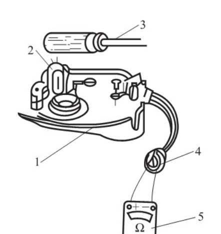


图 3.51　测量传感线圈的电阻值

1—分电器；2—传感线圈；3—旋具；4—插接器；5—万用表

另外，还可通过点火波形的比较分析来判断点火系统技术状态好坏及故障所在。点火波形检测与分析方法详见本书 3.5.1 节有关内容。

2. 电子点火系统常见故障诊断

以下分析电子点火系统常见故障诊断。

1) 点火信号发生器

(1) 磁感应式点火信号发生器。

① 测量传感线圈的电阻值。先将分电器与线束之间的插接器拆开，然后用万用表电阻挡测量与分电器相连接的两根导线之间的电阻值，如图 3.51 所示。测量时还

可用旋具把轻轻敲击传感线圈或分电器壳，以检查其内部是否有松旷和接触不良的故障。几种常见车型分电器内传感线圈的电阻值见表 3－11。

表 3－11　几种常见车型分电器内传感线圈的电阻值

车型或分电器型号	传感线圈电阻/Ω	车型或分电器型号	传感线圈电阻/Ω
解放 CAQ1092 汽车	600～800	日产	140～180
北京切诺基	400～800	三菱	500～700
富康	300	本田	600～800
JFD667 型分电器	500～600	福特	400～800
标致	900～1200	克莱斯勒	920～1120
丰田	140～180		

若测量结果与标准阻值相差较大，说明传感线圈已经损坏。如电阻值为无穷大，说明传感线圈有断路，一般断路点大多在导线接头处，如焊点松脱等，可将传感线圈拆下进一步检查。如发现焊点松脱，可用电烙铁焊上即可。

② 检查、调整信号转子凸齿与传感线圈铁心之间的间隙值。可用塞尺进行测量，如图 3.52 所示，该间隙的标准值大约为 0.2～0.4mm。如不符合，可松开紧固螺 A、B 作适当的调整，如图 3.53 所示，直至间隙符合上述规定，再将螺钉 A、B 拧紧即可。

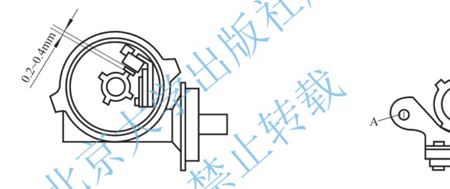


图 3.52　用塞尺测量信号转子凸齿与传感线圈铁心之间的间隙值

图 3.53　信号转子凸齿与传感线圈铁心之间的间隙调整

③ 用万用表测量点火信号发生器信号。用万用表的电压挡接点火信号发生器信号输出端，测量信号线圈产生的信号电压(一般是 1V，视分电器型号及测试的转速而定)，转动分电器轴时应能看到万用表指示值明显地摆动，若测得的信号电压为零或比规定值小得多，则表明点火信号发生器有故障。损坏的原因有：信号线圈或其连接导线断路、短路、磁铁磁性消失或减弱，磁路短路或气隙过大。也可用示波器在分电器转动时观察点火信号发生器信号波形。

(2) 霍尔式点火信号发生器的检查(以上海桑塔纳轿车的霍尔式信号发生器为例)。霍尔式点火信号发生器是有源器件，需输入一定电源电压才能工作。为此，应先测量其输入电压是否正常。方法是用直流电压表的“＋”、“－”表笔分别接触与分电器相连接的插接器“＋”与“－”接线杆(红黑线端与棕白线端)，如图 3.54 所示，接通点火开关，电压表应显示接近蓄电池电压，约 11～12V；否则，说明点火电子组件没有给霍尔信号发生器提供正常的工作电压，应检查点火电子组件。若电压表显示电压正常，可进一步测量点火信号发生器的输出信号电压，方法是用同一只电压表在点火开关接通时测量分电器的信号

输出线(绿白线)与搭铁线(棕白线)之间的电压。当触发叶轮的叶片在霍尔传感器的空气隙中时、电压表应显示与输入电压值相近的电压，即 11～12V；而当触发叶轮的叶片不在霍尔传感器的空气隙中时，电压表所显示的电压应接近于零，约 0.3～0.4V。如经上述测量，电压表读数正常，可认为霍尔式信号发生器无故障。

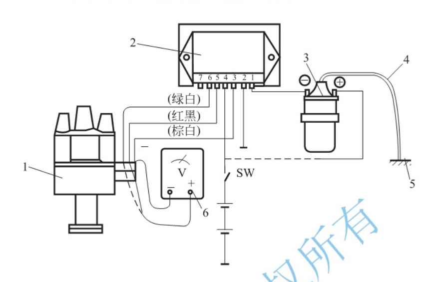


图 3.54　霍尔信号发生器的检查

1—分电器；2—点火电子组件；3—点火线圈；4—高压线；5—搭铁；6—直流电压表

对于其他车型的霍尔信号发生器的检查，可参考上述检查方法。但需注意的是，由于车型不同，或同种车型而生产年代不同，其霍尔式点火信号发生器的内部结构、电路和有关工作参数也不完全相同，所以其工作电压、信号输出电压幅值也有所不同，检查时，应与同期生产的同种车型的测量值作对比，方可准确判断点火信号发生器的好坏。

(3) 光电式点火信号发生器。光电式信号发生器结构简单，工作可靠性较高，如没有人为损坏光源(发光二极管)和光接受器的话，一般很少出现问题。检查时，只需查看光源和光接受器表面有无尘土和污物，如有，可用酒精擦净；检查遮光盘叶片有无缺损或变形，如有，予以更换。

2) 点火电子组件(点火器)的检查

对于点火电子组件，由于其配用的点火信号发生器形式不同，点火电子组件所采用的元器件结构形式和电路(如集成电路、晶闸管等)也有所不同，即使是同一种类型的点火器，其生产厂家不同，电路结构及参数也不同。很难用一种简单而统一的方法(如测量电阻的方法)对其进行检查及测量。可见，对点火电子组件的检查应根据其配用的点火信号发生器形式、点火电子组件的工作原理、电路特点、功能以及在车上的具体连接、工作情况，选用适当的方法进行故障检查和判断。常用的方法主要有以下几种。

(1) 用干电池电压作为点火信号进行检查。

用干电池电压作为点火信号进行检查的方法。适用于配用磁感应式点火信号发生器的单功能点火电子组件，如丰田 20R 型发动机配用的点火电子组件，其基本原理是利用干电池的电压作为点火电子组件的点火输入信号，然后用万用表或试灯来大致判断点火电子组件的好坏。下面以日本丰田汽车的点火电子组件的检查方法为例加以说明。

拆开分电器上线路插接器，接通点火开关，用一只 1.5V 的 1 号干电池，将它的正、负两极分别接至点火电子组件的两根点火信号输入线上，如图 3.55 所示。用万用表电压挡检查点火线圈“—”接线柱与搭铁之间的电压(也可用一只 12V 试灯接万用表的位置，

并观察试灯的亮灭），然后将干电池的极性颠倒过来，再次测量点火线圈“－”接线柱与搭铁间的电压(观察试灯亮灭），两次测量结果应分别为 1～2V(试灯灭）和 12V(试灯亮），否则说明点火电子组件有故障。

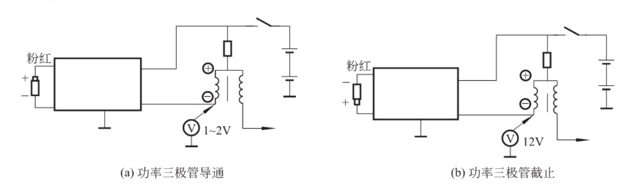


图 3.55　用干电池检查点火电子组件

需要注意的是加干电池测试的时间应尽可能短，每次不得超过 10s。

(2) 跳火试验法。

在确认低压电路各连接导线、插接器、点火线圈及点火信号发生器基本完好的情况下，采用跳火试验法判断点火电子组件是否有故障。

对于具有失速断电保护功能的磁感应式电子点火系统等，可将分电器盖拆下，并拔出分电器盖上的中央高压线，使其端部离开缸体5～10mm，接通点火开关，然后用一只旋具头快速地碰刮定子爪，以改变通过传感线圈的磁通而使其产生点火脉冲，触发点火电子组件，如图 3.56 所示。若每次碰刮时，高压线端都能跳火，则说明点火电子组件完好，否则说明点火电子组件有故障，应予检修或更换。

对于像桑塔纳、奥迪等汽车装用的霍尔式电子点火装置，可打开分电器盖，拆下分火头和防尘罩，转动曲轴，使触发叶轮的叶片不在霍尔传感器的气隙中，拔出分电器盖上的中央高压线，使其端部距离气缸体 5～10mm，然后接通点火开关，用小旋具或钢锯条在霍尔传感器的气隙中插入后迅速拔出，同时在拔出时查看高压线端部是否跳火：如跳火，说明点火电子组件良好；否则，应更换点火电子组件。另外，也可甩开霍尔式点火信号发生器对点火电子组件进行跳火试验，其方法是：断开点火开关，拔下分电器盖上的中央高压线并使其端部距离缸体 5～10mm，再拔下分电器上霍尔信号发生器的插接器，用跨接导线一端接在信号线插头上，然后接通点火开关，将跨接线的另一端反复搭铁，如图 3.57

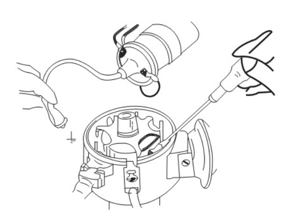


图 3.56　磁感应式点火电子组件的跳火试验

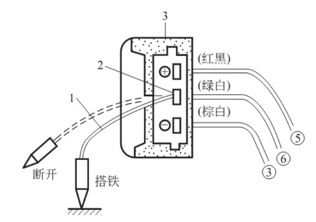


图 3.57　用跨接线代替霍尔信号发生器的跳火试验

1—跨接线；2—信号线插头；
3—点火发生器插接器

所示，同时观察中央高压线端是否跳火：如跳火，说明点火电子组件完好；否则，说明点火电子组件有故障，应予更换。

（3）替换法。

替换法即用同规格的点火电子组件替换怀疑有故障的点火电子组件，如故障排除，则证明点火电子组件损坏。该方法是判断点火电子组件故障最简单、最有效的办法，但条件是必须备有相同规格的新点火电子组件。

3. 微机控制点火系统常见故障诊断

以下介绍微机控制点火系统常见故障诊断。

1）微机控制点火系统使用维护注意事项

微机控制点火系统属于汽车电控系统，在使用维护和检测诊断过程中，为避免对电控系统造成人为损坏，要注意以下几点使用维护注意事项。

（1）不能在发动机运转时或接通点火开关的情况下，拆掉蓄电池的连线，也不允许发动机工作时不接蓄电池，否则易产生瞬间过电压而损坏电子元、器件。蓄电池与发电机并联，可吸收电感性负载通、断电瞬间产生的浪涌电压，保护汽车上连接的微机等电子元、器件。只有在切断点火开关的前提下才可拆下蓄电池的连线。另外，在拆下蓄电池的连线或拔下微机的插头之前，应先调出故障码，否则在拆下蓄电池的连线后，微机中储存的故障码将会消失，这将增加故障诊断的难度。

（2）在对微机控制点火系统进行检修时，只要点火开关接通，决不可断开任何一个电控系统设备和连接导线、插拔集成电路芯片。在跨接起动其他车辆或用其他车辆跨接本车时，必须先断开点火开关，才能拆装跨接线。

（3）在对微机控制系统测试时，应使用高阻抗的检测仪表，不能用高电压低阻抗的欧姆表测量微机和传感器。如果用低阻抗的仪表会使微机供入该仪表的电流太大，从而使微机损坏；若检测仪表中的电源电压高于微机工作电压时，也不能直接用仪表对其测试。

（4）尽量不用试灯去测试与微机相连的任何电气元件，以免因过流而损坏微机和有关传感器，而应使用高阻抗测试仪表(除非试灯的电阻比元件的阻值大得多)，禁止用搭铁试火或拆线试火的方法对电路进行检查。

（5）检测微机或更换芯片时，操作人员一定要将身体接地(铁)，即带上搭铁金属带，将金属带一头缠在手腕上，另一头夹到汽车上，以防止人体静电对微机的损伤。

（6）在电控发动机上进行电弧焊接时，应切断微机控制系统的电源。

2）微机控制点火系统的故障检测与诊断方法

（1）直观诊断。当微机控制点火系统发生故障时，应先对与故障现象相关的部位、部件及其连接导线进行外观检查。查找各个插接器是否有污损、插接不到位而引起的接触不良，检查电线是否断开，是否有因磨损而引起线间或与地短路烧坏的地方，检查各个传感器和执行器是否有零件松动、丢失、变形、卡死、磨损等机械故障，检查发动机工作时是否有异响，点火器、点火线圈温度是否正常，询问用户故障发生过程及现象等。由于微机控制点火系统结构原理复杂，工作可靠性也较高，发生故障后，除了电子元、器件本身的损坏外，很多故障是由于线路短路、断路、插接器接触不良造成的，而与微机系统无关，直观诊断法可以比较容易地发现这些故障，结合经验诊断方法，可以达到事半功倍的效果，是一种最简单、最基本的故障诊断方法。

(2) 利用自诊断系统诊断。汽车微机控制系统几乎都含有自诊断功能，微机控制点火系统也不例外。当微机控制点火系统出现故障时，应首先利用汽车的自诊断功能调取存储在微机内的故障码，根据故障码及其含义，可快速对电控系统自身故障的范围做出初步判断并进一步排除故障。可见，利用自诊断系统是针对微机控制点火系统电控部分最主要的诊断手段，但这种方法不能诊断电控系统范围以外的发动机故障，如点火线圈、高压配电器等高压电路元、器件以及高压电路的故障。关于故障码的读取、故障码的具体含义和故障码的消除，可通过车上的诊断接口利用专用的解码器或人工调码的方法读取。

(3) 仪器诊断。仪器诊断即利用一些简单的通用仪器仪表(如数字万用表、示波器等)或一些专用的诊断仪器设备(如发动机综合分析仪、解码器、点火分析仪、正时灯等)，对微机控制点火系统的故障进行检测、分析和诊断。可对故障元、器件性能参数、各主要测试点信号以及整个点火系统进行检测，对特性曲线及波形进行定性定量分析，从而对故障部位做出快速、准确的判断，大大地提高对点火系统故障的诊断效率。但现代化的诊断仪器设备价格相对较高，操作人员对系统的结构和电路原理、控制电路特点必须要有相当的了解。

3) 微机控制点火系统的故障检测与诊断步骤

(1) 首先确定故障在微机控制部分还是在高压电路部分。其方法是从分电器盖上拔下中央高压线，并使其端部距离气缸体 5～7mm，然后起动发动机，观察线端是否跳火，如有强烈的高压火花出现，说明故障在高压电路部分。可进一步检查分电器至各气缸的分火装置及火花塞等有无故障。如无火花或火花很弱，则说明包括点火线圈、点火器在内的微机控制系统有故障，应予以检查。

(2) 如果点火线圈的次级电路不能产生高压，则应在点火器点火信号输入端检查微机提供的点火脉冲信号是否正常，检查时可用示波器或万用表在发动机起动旋转时检查是否有 5～10V 的点火触发信号，如信号正常，则为点火器或点火线圈及其电路不良，而点火控制系统(点火微机及有关传感器)基本正常。

(3) 如微机提供的点火脉冲信号不正常，则点火控制系统(点火微机及有关传感器)有故障，应首先检查点火微机及有关传感器工作电压是否符合要求，搭铁线是否出现断路或接触不良，再检查曲轴基准位置传感器(点火基准传感器)和曲轴转角与转速传感器及其有关电路是否正常，安装位置是否合适，连接导线和插接件有无不良，用万用表或示波器在发动机起动旋转时检查其是否能够产生足够的信号电压。如点火微机及有关传感器工作电压符合要求，曲轴基准位置传感器(点火基准传感器)和曲轴转角与转速传感器及其有关电路也正常并能够产生足够的信号电压，则可初步认为点火微机不良，可更换同型号点火微机试验，以便进一步确认。但也不排除是防盗系统起作用而造成系统不点火，为此还应了解被检车辆的发动机是否有防盗系统。

(4) 若确认是点火控制系统故障，即点火控制系统及其有关传感器和电路发生故障，一般微机自诊断系统的故障报警灯将会点亮，这时应充分发挥微机自诊断系统的功能以便进一步缩小故障范围。若自诊断系统的故障报警灯没有点亮，则应该从其他方面查找故障原因。

4) 微机控制点火系统常见故障检测与诊断

微机控制点火系统常见的故障主要有：发动机不点火，火花弱，点火正时不准，点火性能随工况变化等。

(1) 发动机不点火。

① 现象。发动机不能起动且无任何着车迹象，无高压火花。

② 原因。点火线圈、点火器损坏；曲轴基准位置传感器、点火基准传感器和曲轴转角与转速传感器及其电路不良；点火微机本身故障。

③ 诊断。诊断步骤如图 3.58 所示。



图 3.58　发动机不点火故障诊断步骤

（2）火花弱。

① 现象。跳火试验高压火花弱，发动机起动困难，怠速不稳，排气冒黑烟，加速性及中、高速性较差等。

② 原因。点火器、点火线圈不良；高压线电阻过大；火花塞漏电或积炭；点火系统供电电压不足或搭铁不良等。

③ 诊断。本故障一般与点火控制系统关系较小，应重点检查点火器和点火线圈工作状况是否良好，供电电压是否正常，各插接件及导线连接是否牢固，点火器搭铁是否可靠；检测高压线电阻是否过大；清除火花塞积炭，交换漏电的火花塞。

（3）点火正时不准。

① 现象。发动机不易起动，怠速不稳；发动机动力不足，水温偏高；发动机易爆燃等。

② 原因。初始点火提前角调整不当；点火基准传感器和曲轴转角与转速传感器不良或安装位置不正确。

③ 诊断。应首先检查初始点火提前角并按规定予以调整。影响发动机点火正时失准的主要部件是发动机点火基准传感器和曲轴转角与转速传感器，应特别检查信号转子是否有变形、歪斜、信号采集与输出部分安装有无不当，装置间隙是否合适等。

对于点火提前角控制系统故障，若故障灯已点亮，应先用本车的故障自诊断操作程序调出故障码，再根据故障码的含义，排除其故障。重点应检查发动机水温传感器、爆震传

感器。另外，进气管压力传感器、空气流量传感器、节气门位置传感器等不良时，也会造成点火正时不准。

(4) 点火性能随工况变化。

① 现象。低速时工作正常，高速时失速；温度低时正常，温度高时不正常；刚起动时正常、工作一段时间后出现故障等。

② 原因。点火基准传感器和曲轴转角与转速传感器等安装松动，电路连接器件接触不良；点火器热稳定性差；点火线圈局部损坏或击穿，高压线电阻过大等。

③ 诊断。检查各有关部件安装有无松动，电路连接是否牢固、可靠，点火器、点火线圈温度是否异常；检查或更换高压线、火花塞等。

3.6　润滑系统检测与故障诊断

摩擦阻力是发动机起动和运转时的主要内部阻力，改善润滑状况可减小发动机的机械损失，提高发动机输出的有效功率；同时，润滑状况不良时，发动机进行相对运动的配合副磨损加剧，正常配合间隙被破坏，还易于产生发动机“拉缸”或“烧瓦”等破坏性故障。可见，发动机润滑系统的技术状况对于保障发动机正常工作，提高使用寿命是非常重要的。

润滑系统检测的主要参数为：机油压力、机油消耗量和机油品质。这些参数既可表征润滑系的技术状况，又可反映曲柄连杆机构有关配合副的技术状况。

3.6.1　机油压力检测

为了给摩擦表面不断供给润滑油，以使摩擦副保持可靠润滑，润滑系统的机油压力应高于某一最低压力。在低于最低允许压力时，由于润滑不良会使零件磨损加剧而早期损坏。技术状况正常的发动机在常用转速范围内，汽油机机油压力应为 196～392kPa，柴油机应为 294～588kPa。若中等转速下的机油压力低于 147kPa，怠速时低于 49kPa，则发动机应停止运转并检查润滑系统。

发动机润滑系统机油压力的高、低首先取决于润滑系统的技术状况，如机油泵性能、限压阀的调整、机油通道和机油滤清器的阻力等；机油压力还与机油品质和机油的温度、黏度有关，机油温度高、黏度低，则机油压力变小；反之，则油压升高。此外，由于机油压力还与曲轴主轴承、连杆轴承和凸轮轴轴承的间隙有关，轴承磨损后间隙增大时，轴承间隙处机油泄漏量增大而使机油压力下降，因此机油压力也常常作为诊断相关轴承间隙的重要参数。若机油泵技术状况正常，则机油压力降低主要是由曲轴主轴颈和连杆轴颈磨损过大而引起。试验表明，曲轴主轴承间隙每增加 0.01mm 时，其机油压力大约降低 0.01MPa。

润滑系统的机油压力值可在汽车仪表盘上的机油压力表上显示出来，但由于机油压力表和油压传感器不能保证必要的测量精度，因此在定期检测时，应采用专用检验油压表。检测时，首先拆下发动机润滑油道上的油压传感器，装上油压表，然后起动发动机使其在规定转速下运转，此时油压表上的指示值即为润滑系统的机油压力。

3.6.2　机油消耗量检测

机油消耗量的影响因素很多，润滑系统渗漏、空气压缩机工作不正常、机油规格不

符、气缸活塞组磨损等都会影响机油消耗量。机油消耗量除可反映发动机润滑系统技术状况外，还可据此判断发动机气缸活塞组的磨损情况。在所用机油牌号正确且其他机构技术状况正常的情况下，气缸活塞组磨损过多、间隙增大、机油窜入燃烧室燃烧是机油消耗量增大的重要原因。

汽车正常使用时，发动机机油消耗量并不大。磨损小、工作正常的发动机，机油消耗量约为 0.1～0.5L/100km；发动机磨损严重时，可达 1L/100km 或更多。

测定机油消耗量时，只需把汽车行驶一定里程 1000～1500km 后机油的实际消耗量(L)换算为汽车每 10 万米的平均机油消耗量(L/100km)即可。

3.6.3　机油品质检测与分析

汽车发动机润滑油为机油，机油在使用过程中，由于杂质污染、燃油稀释、高温氧化、添加剂消耗或性能丧失等原因，致使机油品质逐渐下降直至功能丧失；同时在外观上，还表现为颜色变黑、黏度上升或下降。

引起机油污染的杂质主要来自摩擦表面的磨损微粒、外界尘埃以及积炭等；发动机工作不正常、不完全燃烧或缺火可使未燃燃油流入油底壳而使机油稀释；发动机工作过程中产生的高温，特别是当发动机气缸活塞组磨损严重、间隙增大，在燃烧行程有高温、高压气体窜入曲轴箱时，会加剧机油氧化，生成氧化产物和氧化聚合物而使机油变质。机油中的清净分散剂是机油的一种重要添加剂，具有从发动机摩擦表面分散、移走磨损微粒、积炭等的能力，使之悬浮在机油中而不沉淀在摩擦表面，以减小摩擦表面的磨损。由于机油在使用过程中清净分散剂的消耗及性能降低，也会逐渐失去其洁净分散作用。

综上所述，机油品质下降将严重影响发动机性能，有时会导致严重后果，因而加强对汽车发动机机油的定期检测与分析，实行按质换油，具有极为重要的意义。这样做不仅可以节约机油，保证发动机良好润滑，而且可以据此了解掌握润滑系直至整台发动机技术状况的变化。

机油品质检测与分析的常用方法有：不透光度分析法、介电常数分析法、滤纸斑点分析法、光谱分析法、铁谱分析法和磁性探测器分析法等。

1. 不透光度分析法

汽车机油污染分析所用的分析仪有多种类型。利用机油不透光度制成的机油污染测定仪是最常用的机油不透光度分析测定仪。

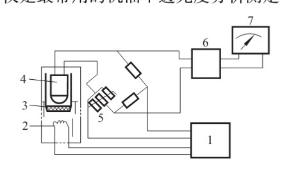


图 3.59　机油污染测定仪结构原理

1—稳压电源；2—光源；3—油池；4—光敏电阻；5—参比电阻；6—直流放大器；7—透光度计

如前所述，发动机在使用过程中，润滑油的杂质含量将逐渐增多，黏度下降或增加，添加剂性能丧失。表现在外表上，润滑油颜色会逐渐变黑。机油污染程度越大，变黑的程度也越大。根据这一现象，可通过测量一定厚度机油膜的不透光度来检测机油的污染程度。

机油污染测定仪的结构原理如图 3.59 所示。稳压电源保证光源和电桥电路的电压稳定；油池由两块玻璃构成，具有确定的间隙，用于放入机油试样，以形成确定厚度的机油膜；其中电桥的一个臂上装

有光敏电阻，当电源发出的光线透过油膜照射到光敏电阻上时，作为一个桥臂的光敏电阻阻值发生相应变化，以此判定机油的污染程度。

具体的检测过程是：首先在油池内放入所测机油的标准油样(清洁机油)，调整参比电阻使电桥平衡，此时透光度计指示为零；然后把发动机刚停车后曲轴箱油尺上的机油作为测试油样滴入油池。由于测试油样已受到污染，油池内测试油样油膜与标准油样油膜的透光度有差异，光源照到光电管上的光线强度也有差异，从而引起光敏电阻阻值的变化使电桥失去平衡。所测油样污染程度越大，电桥不平衡程度越大，电桥输出的电流越强，透光度计指针偏转越大，从而反映出机油的污染程度。

2. 介电常数分析法

利用不同物质介电常数不同的特性制成的润滑油质量检测仪是又一种常用的机油污染分析仪。

1) 介电常数分析法的工作原理

电容的电容值除了与两极板间的面积和极板间的距离有关外，还与极板间的填充物质有关。对于一个已经确定了极板面积和距离的电容，极板间填充物质对于电容值的影响可用一个系数反映，这个系数称为介电常数。即有

$$C=\varepsilon\times S/\delta$$

式中，C——电容；

S——极板间相互覆盖的面积；

δ——极板间距离；

ε——介电常数。

每种物质都有其自身的介电常数，润滑油也不例外。清洁机油不含有杂质，有其较为稳定的介电常数；而使用中的机油，由于污染程度不同，机油中所含杂质成分和数量也就不同，其介电常数势必会发生变化。因此，介电常数值便可反映润滑油的污染程度。不难理解，如果被测机油的介电常数与清洁机油介电常数的差别越大，机油的污染程度也就越大。

润滑油质量检测仪的关键元件为安装在油槽底部的螺旋状电容。测试时，机油作为电容介质。当机油污染后，其介电常数发生变化，引起该电容的电容值变化。该电容作为传感器并使其作为检测仪测试电路的一部分。传感器电容的变化引起测试电路中电量的变化，电信号通过专用数字电路转变为数字信号，送入微机处理并与参考信号比较。当数字显示屏显示值为零时，表明所测机油无污染；当显示值不为零时，表明所测机油受到一定污染，显示值偏离零值越远，表明机油污染程度越大。

2) 润滑油质量检测仪测试机油污染程度的操作步骤

(1) 用脱脂棉清洁传感器油槽。

(2) 将 3～5 滴与被测机油同牌号的清洁机油置于油槽中，使其充满油槽底部。

(3) 等油扩散完后，单击“清零”按钮，仪器自动标定零位。

(4) 再次用脱脂棉清洁传感器油槽。

(5) 用 3～5 滴被测机油置于油槽中，等油扩散完后，单击“测量”按钮，即可显示出测量值。

3. 滤纸油斑试验法

滤纸油斑试验法是利用现代电测方法测定机油污染程度和洁净性添加剂消耗程度及性能

的机油污染测试方法。本测试方法在无全套理论化性能指标化验检测手段时，可作为更换新机油的依据，其特点是简单、快速，但此测试方法不对机油中各种杂质的成分进行测定。

1）测试原理

实践证明，若把使用中的机油按规定要求滴在专用滤纸上，油滴逐渐向四周浸润扩散，最终形成中央有深色核心的颜色深浅不同的多圈环形油斑，如图 3.60 所示。若机油所含杂质的浓度和粒度不同及清净分散能力不同，所形成油斑每一环形区域的颜色深浅亦有不同。

如果机油中杂质粒度小，且清净分散剂性能良好，则杂质颗粒就会扩散到较远处，中心区与扩散区的杂质浓度及颜色深浅程度差别较小；若机油中杂质粒度大，且清净分散剂性能丧失，则机油中杂质就越来越集中于中心区，中心区与扩散区的杂质浓度和颜色深浅程度的差别也就越大。油斑上中心区杂质浓度反映机油的总污染程度，而中心区单位面积的杂质浓度与扩散区单位面积杂质浓度之差可反映机油中清净分散剂的清净分散能力。

为了可靠测定机油油斑中心区杂质浓度及扩散区杂质浓度，必须控制油斑尺寸并确定油斑的尺寸规律。对实际油斑尺寸的统计分析表明，油滴在滤纸上扩散终了时，扩散区的最大半径取决于滴棒的尺寸（直径），为此应使用统一规格的滴棒，并使滴棒尺寸保证使油斑的尺寸等于光度计的感光半径。

2）测试方法

油斑中心区和扩散区的杂质浓度可用两区域的透光度评价。透光度大，则杂质浓度小；反之，则杂质浓度大。测试两区域透光度所采用的滤纸油斑检验光度计的原理框图如图 3.61 所示。

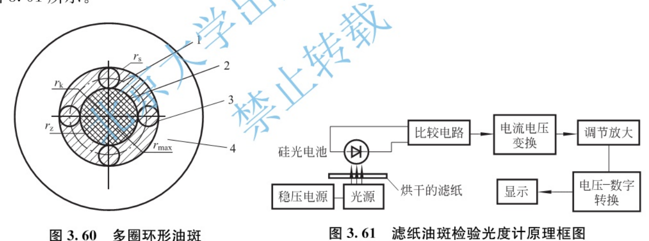


图 3.60　多圈环形油斑

1—黑圈；2—中心区；

3—扩散区；4—半透明区

图 3.61　滤纸油斑检验光度计原理框图

测试条件如下。

（1）滤纸。使用直径 7cm 或 9cm 的定性快速滤纸。

（2）滴油棒。使用直径 2mm、长 150mm 的金属棒，棒的尖端需磨光滑。

（3）框架。用长、宽为 12cm×7cm 的有机玻璃（或硬纸板、塑料板、木板）制成一式两片框架，中间挖成 5cm 的圆孔，一边用胶布粘结。框架可使滤纸背面不接触台面，以免影响油斑的扩散。

（4）滴油温度。在室内常温下进行，最低温度控制在 20℃，要求油温与室温基本一致。

（5）滴油量。用直径 2mm 滴油棒，平均滴油量约为 0.02g。

(6) 油样。必须在补加新机油前、发动机运转 5min 后取样。

(7) 滴定方法。把滤纸放在框架上压平，将油样充分搅拌或摇动，立即将滴油棒浸入油样 3～5mm 深处，垂直提起，等滴油棒上的机油间断滴落时、取第 3 或第 4 滴油滴，滴在滤纸的中心。将滴过油的滤纸连同框架平放在无风尘之处，静置 2～4h。

把滴定好的滤纸斑点图与标准滤纸斑点图谱对比分析，即可对在用机油品质做出判断。

3) 滤纸斑点图谱及对比分析

标准滤纸斑点图谱分 6 级。每级斑点图特征和分析、判断方法如下。

(1) 1 级。滤纸斑点图的核心区和扩散环光亮无色或颜色很浅，无明显沉积环。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明是新机油或使用时间很短的机油，尚无污染，继续使用。

(2) 2 级。滤纸斑点图的沉积环与扩散环界限分明，扩散环很宽，油环明亮。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明机油使用时间不长，污染程度很轻，清净分散性良好，继续使用。

(3) 3 级。滤纸斑点图沉积环暗黑，扩散环较宽，油环明亮。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明机油使用时间较久，污染程度较重，但清净分散性尚好，继续使用。

(4) 4 级。滤纸斑点图沉积环深黑，扩散环开始缩小，油环浅黄。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明机油使用时间很长，污染严重，沉积物增多，清净分散性下降，尚可继续使用。

(5) 5 级。滤纸斑点图沉积环深黑，甚至呈油泥状，不易干，扩散环狭窄，油环扩大且呈黄色。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明机油的污染已很严重，清净分散性已很差，清净分散剂消耗将尽，不能继续使用，必须换用新油。

(6) 6 级。滤纸斑点图只剩极黑的沉积环与棕黄包油环，扩散环已完全消失。

在用机油滤纸斑点图如属此类，说明机油的污染已十分严重，污染杂质完全凝聚在沉积环内，清净分散剂耗尽，清净分散性消失，早就超过了换油期。

滤纸斑点分析法简单、快速，适合现场作业，并能给人以直观印象。但是，它只能概略地分析机油品质，无法实现定量分析。

4. 光谱分析法

发动机工作时，摩擦表面的磨损微粒被循环工作的机油带至油底壳并悬浮在机油中，其磨损微粒在机油中的含量与机件磨损量直接相关。显然，检测机油中金属微粒的含量，不仅能表明机油被机械杂质污染的程度，还可用来确定机件磨损的程度；同时，机油中金属微粒含量的变化速度又可反映有关零件摩擦表面的磨损程度。

由于机油中金属微粒的含量很低且种类多，一般采用灵敏度高的光谱分析法测定机油中的金属微粒含量。

1) 测试原理

光谱分析法是利用机油中金属元素微粒受电能或热能激发后发出特征光谱的性质，根据金属元素发射出的相应特征光谱光线的强度，对机油中金属元素的种类和含量进

行定量分析的方法。在这里，不同金属元素激发后发出的特征光谱是分辨机油中金属微粒种类的基础，而所发出特征光谱光线的强度是确定相应金属微粒在机油中含量的依据。

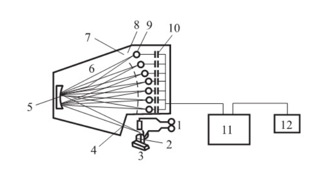


图 3.62　机油光谱测定分析仪原理图

1—高压激发源；2—回转石墨盘；3—油样池；4—入口缝隙；5—光栅；6—特征光谱；7—焦点曲线；8—出口缝隙；9—光电传感器；10—信号分析仪；11—信号处理仪；12—打印机

如图 3.62 所示为机油光谱测定分析仪原理图。测试时，被测油样放于油样池中，回转石墨圆盘浸入油样，并作为高压激发源的一个电极，其外圆表面距高压激发源杆式电极的距离为 1.5～2.0mm。当回转石墨电极回转时，机油不断地被带到两电极之间，在高压激发源高电压(15000V)作用下，两电极间隙被击穿，产生电弧，使处于电极间电弧区的机油及其所含杂质一起焚烧，每种金属元素在焚烧中都发出一定特征光谱的光或辐射能。发射光谱由入口缝隙照射到凹面衍射光栅上，经光栅反射后把入射光线分解成具有不同特征光谱的单色光光线，每种特征对应于一种金属元素焚烧时发光的光谱。反射分解后的不同单色光线聚集于焦点曲线，经出口缝隙照在相应光电传感器上，传感器输出的电信号强度与具有相应特征光谱的光线强度有关，而不同特征光谱的光线强度取决于燃烧机油中相应金属元素的浓度。传感器输出的电信号可反映机油中相应金属元素的浓度。光电传感器输出的电信号传输到信号分析仪、信号处理仪放大并处理后，可由打印机打印出油样中每种金属的浓度。

2）测试方法

光谱测定分析仪的测试步骤如下。

(1) 按使用说明书的要求对仪器预热、调零。

(2) 发动机运转至正常热工况后停车。

(3) 用专用注射器从机油加注口吸取 100～150g 油样，放入量筒中，并贴上标签，写明油样黏度、汽车车号和行驶里程等。

(4) 测试前，反复摇晃油样或用超声波处理以使所含杂质在测试油样中尽可能地均匀分布，然后取 6～8g 机油油样放入油样池。

(5) 按使用说明书的要求操作仪器，打印出测试结果。

3）测试结果分析

光谱分析仪能确定所测油样中金属元素的种类和含量，并不能反映金属微粒产生的原因、部位及有关摩擦表面的磨损程度。必须对测试结果进行进一步分析。

试验表明，发动机气缸与活塞环配合副的磨损产物约占机油中全部金属微粒的 85%。机油中含铁量过高时，说明气缸与活塞环磨损严重；其次，当曲轴、凸轮轴的各轴颈和挺杆与凸轮配合副磨损时，也使机油中铁含量增加；若缸套镀铬或活塞环镀铬，则当机油中铬含量增加时，也可表明气缸、活塞环的磨损情况，但铬含量远比铁含量要小。

活塞磨损使机油中铅含量增加。

使用含铅汽油时，当气缸窜气量增多或机械式汽油泵膜片渗漏时，机油不仅受到稀释，而且铅含量增大。

发动机曲轴和凸轮轴使用的滑动轴承多为锡基、铅基、钢基、铝基巴氏合金，当机油中锡、铅、钢、铝等元素增多时，若已知发动机的轴承材料配方，即可判断滑动轴承的磨损情况。

机油中硅含量增多时，表明发动机空气滤清器和曲轴箱强制通风滤清器工作欠佳。

机油中某金属元素含量突然增加时，说明发动机内有关摩擦面异常磨损，应视为紧急情况并进行处理。待排除故障后，发动机才能继续使用，以免引起破坏性故障或使发动机寿命急剧缩短。机油内金属元素含量的极限值只能在具体使用条件下，通过统计分析的方法确定。

定期用机油内金属微粒含量多少评价发动机磨损速度和磨损程度是行之有效的方法，一些大型运输企业把该方法作为监测发动机技术状况的常规分析方法之一。但该方法对磨损程度的评价，只能表明摩擦表面磨损量的总值，而无法确知磨损量在具体部位的分布情况和磨损部位尺寸、形状及强度等方面的变化情况。

5. 铁谱分析法

铁谱分析法是近代发展起来的分析技术，始于 20 世纪 70 年代初期的美国和英国，发展速度很快，应用领域广泛。我国 20 世纪 70 年代末期开始应用和研制，到 80 年代初期研制出铁谱分析仪。

铁谱分析用于机油分析的基本方法是：用高强度磁场力把铁磁性金属微粒从机油中分离出来，按微粒尺寸大小顺次沉积在铁谱片(玻璃片)上，用铁谱显微镜或电子显微镜、光密度计、X 射线能谱仪或 X 射线波谱仪等，对金属微粒进行观察、测定和分析，以获得金属微粒的大小、外形、成分和含量，进而分析出金属微粒产生的原因、部位和机件磨损程度。可见，铁谱分析法不仅可测得机油被金属微粒污染的程度，而且也是发动机不解体诊断的重要方法之一。

铁谱分析法使用的仪器有分析式铁谱仪、直读式铁谱仪和旋转式铁谱仪等。

1) 分析式铁谱仪

分析式铁谱仪原理如图 3.63 所示。该仪器工作时，在泵的作用下，当经过稀释的油样流过基片时，在磁力作用下金属微粒沉积在基片上形成铁谱片，用双色光学显微镜或电子扫描显微镜观察铁谱片，确定金属微粒的成分和形态，并根据形态分析出摩擦面磨损类型。磨损类型有正常滑动磨损、切削磨损、滚动疲劳磨损、严重滑动磨损等。

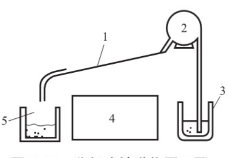


图 3.63　分析式铁谱仪原理图

1—基片(玻璃片)；2—泵；
3—油样槽；4—磁铁；5—容器

2) 直读式铁谱仪

直读式铁谱仪原理如图 3.64 所示。该种仪器工作时，带金属微粒的油样从进、入口流经玻璃管、在玻璃管下方磁场力作用下，铁磁性金属微粒便沉积在玻璃管内，如图 3.65所示，机油从排出口排出。直读式铁谱仪主要部分是光密度计。它的两个光密度测头布置在玻璃管的大颗粒读数位置和小颗粒读数位置上。光源通过两个纤维光导通道照射玻璃管的大颗粒读数位置和小颗粒读数位置，由两个光密度测头测得光密度信号，经两个光电接受通道传输给光电检测器，然后由显示装置指示金属微粒的数量和大小。

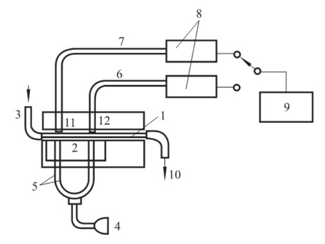


图 3.64　直读式铁谱仪原理图

1—玻璃管；2—磁铁；3—进入口；4—光源；
5—纤维光导通道；6—小微粒光电接受通道；
7—大微粒光电接受通道；8—光电检测器；
9—显示装置；10—排出口；11、12—光密度测头

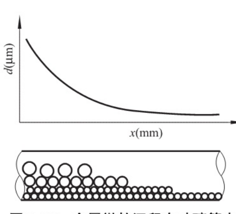


图 3.65　金属微粒沉积在玻璃管内

目前见到的分析式和直读式铁谱仪对于污染严重的机油分析误差较大。原因是非金属污染物颗粒在倾斜不大的基片或玻璃管内因重力作用而有所沉积，使各种颗粒混在一起造成了分析误差。为了克服这一不足，出现了旋转式铁谱仪。

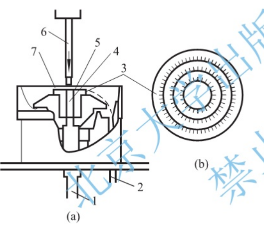


图 3.66　旋转式铁谱仪原理图

1—驱动轴；2—排出管；3—基片；4—环形磁铁；5—油流；6—输入管；7—真空排出罩

3）旋转式铁谱仪

旋转式铁谱仪的原理如图 3.66(a)所示。该种仪器工作时，带有微粒的油样从输入管进入到基片中心，基片、环形磁铁在驱动轴带动下旋转。在离心力作用下，机油和杂质甩出基片由排出管流出。在离心力和磁场力共同作用下，铁磁性金属微粒按颗粒大小，在基片上沿磁力线方向排列成环形铁谱片，如图 3.66(b)所示。由于消除了非金属污染物的影响，因而提高了分析精度。铁谱分析的主要缺点，一是分析误差大，二是分析速度慢，难以适应现场分析的要求，还有待于进一步改进。

6．磁性探测器分析法

发动机机油流经各摩擦部位，冲刷并带走各种金属微粒。如果在润滑系安装磁性探测器(磁性塞)，就可利用磁力捕获机油中悬浮的铁磁性金属微粒，再进行观察和测量，就可得知金属微粒的形状、尺寸和含量。根据含量可分析出金属微粒对机油的污染程度，根据形状、尺寸和含量可分析出金属微粒的来源和成因，并进而分析出摩擦面的磨损速度和磨损程度。

磁性探测器一般由壳体和磁性探头组成。壳体可长久安装在润滑系中最容易获得金属微粒的部位，而固装在其内的探头的磁铁部分则必须暴露在循环着的机油中。磁性探测器的壳体应能保证磁性探头方便地取出和装入，并保证当磁性探头取出时内部的单向阀自动关闭出油口，防止机油外漏。

淀环和扩散环，再由光电传感器分别把透过沉淀环和扩散环的光信号变成电信号送入主机，于是测得(由主机显示器指示)油斑图沉淀环阻光度 a 和扩散环阻光度 b，按下式计算出清净性系数 K。

$$K=1-(a-b)/(a+b)=2b/(a+b)$$

式中，a——被检油斑图沉淀环阻光度；

b——被检油斑图扩散环(检测面积与沉淀环相同)阻光度。

从上式可以看出，当油斑图沉淀环阻光度 a 远大于同面积扩散环阻光度 b 时、K 值很小。说明机油污染、老化严重，清净分散性已变得很差，机油中的杂质大部分集中在沉淀环内。当 $b=0$ 时，$K=0$，说明机油已无清净分散性，油斑图仅存沉淀环，已无扩散环。如果 $a=b$，$K=1$，说明机油清净分散性极好。油滴能从滤纸中心扩散到较远处，且沉淀环与扩散环阻光度相等。

由以上分析可知，机油清净分散性系数 K 的变化范围为 0～1，不同的 K 值表示机油具有不同的清净分散性或污染度。当 $K=0$ 时，机油的清净分散性等于零；当 $K=1$ 时，机油的清净分散性最好。

3.6.4 润滑系统常见故障诊断

发动机的润滑系统主要由机油泵、机油滤清器、机油散热器和各种油阀组成。其常见故障是机油压力过高或过低、机油消耗过多、机油温度过高和机油滤清器效能减弱等。发动机工作时机油压力和温度的变化可以通过仪表随时观察，为及时发现故障提供了方便。发动机在不同工况下工作，其机油压力不同，不同车型的机油压力也不尽相同。

润滑系统工作的好坏，还取决于发动机其他部分的技术状况。例如：曲轴主轴承间隙增加，机油压力便降低，据此也可以判断轴承的磨损情况。发动机冷却液温度的高低会影响油温的变化，而油温的变化又会通过机油黏度的大小来影响润滑效果。为此，检查润滑系统故障时，要充分考虑轴承间隙和冷却系统技术状况的影响。当发动机润滑不良时，因摩擦阻力增大使机械损失增多，局部温度升高，发动机功率下降，并容易发生拉缸、曲轴抱死等故障。机油黏度过大，会使摩擦阻力增大，并且不能及时带走摩擦产生的热量；而机油黏度过小，则机油易从摩擦表面泄漏，机油压力降低，润滑条件恶化，应注意采用正确的机油牌号。

1. 机油压力异常

为了维持发动机的正常运转，润滑系统的机油压力应达到一定的值。通常，汽油机机油压力应为 0.2～0.4MPa，低温启动时，允许到 0.45MPa，发动机温度升高后，允许降至 0.15MPa，而柴油机的机油压力应为 0.29～0.59MPa。具体车型的机油压力可参考其维修手册。

1）机油压力过高

(1）现象。

① 冷车启动时，机油压力表指示压力过高。

② 将点火开关转至 ON 位置，机油压力表即指示 0.2MPa，启动后增至 0.5MPa 以上。

③ 发动机在运转中，机油压力突然增高。

（2）原因。

① 限压阀调整不当。

② 气缸体润滑油道有堵塞处。

③ 机油滤清器滤芯堵塞且旁通阀开启困难。

④ 机油压力表或机油压力传感器不良。

⑤ 机油黏度过大。

⑥ 主轴承或连杆轴承间隙过小。

（3）诊断。发现机油压力过高，应熄火查明原因，否则容易冲裂机油细滤器盖（如果有）或机油压力传感器。

① 压力过高时，应首先检查机油黏度是否过大、限压阀是否调整不当（弹簧是否过硬）。对于新装发动机，应检查主轴承、连杆轴承或凸轮轴轴承是否间隙过小。

② 机油压力突然变高，可首先检查机油滤清器滤芯是否堵塞，旁通阀弹簧是否压缩过多或过硬。检查机油限压阀柱塞是否卡滞。若上述位置良好，则一般为润滑系统油道堵塞。

③ 将点火开关转至 ON 位置，机油表即有压力指示，则应检查机油表、机油压力传感器是否完好。

2）机油压力过低

（1）现象。

① 发动机在运转中，机油压力始终过低。

② 发动机启动后，机油压力很快降低。

（2）原因。

① 油底壳内机油不足。

② 机油黏度小，不符合要求。

③ 限压阀调整不当或其弹簧折断或弹力不足。

④ 机油滤清器旁通阀不密封，或其弹簧折断或弹力不足。

⑤ 机油进油管接头松动或油管破裂。

⑥ 机油泵泵油不良。

⑦ 机油油路严重泄漏。

⑧ 机油集滤器堵塞。

⑨ 曲轴主轴承、连杆轴承或凸轮轴轴承间隙过大。

⑩ 机油压力表或机油压力传感器失效。

（3）诊断。

① 机油压力始终过低时，应先拔下机油尺，检查机油油量。机油油量严重不足时，在发动机急加速情况下，会出现主轴承、连杆轴承的敲击声。若机油充足，应检查机油压力表或机油压力传感器。当拆下机油压力传感器，短时间发动时，若机油喷出无力，即应检查机油滤清器旁通阀、限压阀、机油进油管、集滤器、机油泵等。

曲轴主轴承、连杆轴承、尤其是凸轮轴轴承的间隙增大，将直接影响机油压力。试验表明曲轴主轴承间隙增大 0.01mm，机油压力就会降低 0.01MPa。

② 初启动时机油压力正常，运转一段时间后，油压迅速降低，说明油底壳内机油量不足。如机油量充足，还是出现这种故障，则为机油黏度过小。

③ 发动机在运转中，机油压力突然降低，应立即使发动机熄火，检查机油有无严重

泄漏。如机油滤清器衬垫损坏，就会出现这种现象。

2. 机油消耗过多

以下分析机油消耗过多的情况。

（1）现象。机油消耗率超过正常值。

（2）原因。

① 活塞、活塞环与气缸配合不当，如活塞环装反、间隙过大、活塞环卡死或对口等。

② 气门导管磨损过甚。

③ 曲轴箱通风不良。

④ 机油渗漏，如正时齿轮室、后油封等密封不良。

⑤ 空气压缩机活塞与缸壁间隙过大。

（3）诊断。

① 检查有无漏油处。在主要的漏油部位中，应当特别说明的是曲轴前端和后端漏油。前端漏油常因油封破损、老化或曲轴带轮与油封接触表面磨损过甚所致。曲轴后端漏油，除因后油封密封不良外，对无后油封的发动机，还应检查后主轴承盖回油孔是否过小，凸轮轴后端油堵是否漏油。

② 检查机油是否被吸入气缸而燃烧。机油若被吸入气缸而燃烧，其最明显的特征是当发动机高速运转时，排气管大量排出浓的蓝色烟雾，急加速时尤为强烈。机油能进入气缸内有两个渠道：一是由于活塞环装反或活塞环的端隙、背隙及边隙过大所致；二是因为气门与导管的配合间隙过大或顶置式气门导管上端油封失效使机油沿进气门与导管间隙吸入缸内。

判断方法：发动机高速运转或急加速时，除排气管排浓烟雾外，同时在加机油口亦大量排出浓烟雾，则说明机油是由活塞组与气缸工作不良而泵入气缸的。加机油口若不排烟雾，则表明机油是沿进气门与导管之间的间隙被吸入气缸的。

③ 检查曲轴箱通风情况。曲轴箱通风不良，将使曲轴箱内气体压力和机油温度升高。气体压力升高，不但造成机油渗漏、蒸发，还能使油底壳衬垫或气门室盖衬垫冲破，造成严重泄漏。此外，汽油机目前大多采用的强制封闭式曲轴箱通风装置，因某种因素还会导致机油被大量吸入气缸而燃烧。

④ 当松开贮气筒放水排污开关后，若发现伴有大量油污排出，即表明空气压缩机的活塞环或活塞与气缸配合间隙等出现问题，应予检修。

3. 机油变质

以下分析机油变质的情况。

（1）现象。

① 从机油尺上滴在洁白吸墨纸上的机油呈黑色并有杂质，或者油滴外缘呈黄色而核心呈黑色。

② 发动机轴瓦的摩擦表面呈腐蚀状，被胶膜、积炭或其他沉积物覆盖。

（2）原因。

① 机油压力过低且机油黏度过大。

② 机油粗滤器滤芯堵塞或旁通阀弹簧过软。

③ 机油细滤器滤芯堵塞或其中心孔两端密封不良。

④ 曲轴箱通风不良。

⑤ 活塞环漏气。

⑥ 汽油泵膜片破裂，汽油进入油底壳。

⑦ 发动机缸体破裂，冷却液漏入油底壳。

(3) 诊断。由于高温和氧化作用，即使在正常情况下，机油也会生成氧化物或氧化聚合物，这种现象称为“老化”。老化了的机油含有酸性化合物，不但使机油变黑、黏度下降，而且腐蚀零件的摩擦表面。如果这种老化现象加快，就应当查明原因，予以排除。

① 首先应当检查机油压力，排除导致机油压力过低的各种因素。若压力正常，再查看油质：包括黏度、颜色，有无汽油、水分和其他杂质。

② 若不是由于汽油或水的渗入所引起的机油变质，则需检查机油滤清器的工作状况。有的粗滤器外壳上装有滤芯应更换指示器，当滤芯堵塞使机油滤清器阻力增大到一定值时，指示灯亮，即说明应清洗滤清器或更换滤芯。应注意的是因机油黏度大使压力高而引起指示灯亮的情况，此时，当机油温度升高后灯如能熄灭，则说明机油滤清器正常。

③ 检查曲轴箱通风情况。如通风情况不好，漏进曲轴箱的废气、可燃混合气中的水蒸气、汽油和有害气体，凝成有害化合物，使机油加速变质。为此，要根据发动机的原设计，配齐通风系统的各零件，保证曲轴箱的强制通风完好。

3.7　冷却系统常见故障诊断

冷却水温的过高或过低，都会引起发动机功率下降，油耗增加。为此，在正常情况下，冷却水温应保持在 80～90℃。在使用过程中，冷却系统的技术状况逐渐变坏，使冷却系统冷却水温度过高或过低，其主要原因为：冷却液过少，有渗漏处，散热器水管堵塞，冷却系统内有水垢，风扇皮带打滑，节温器失灵等。根据这些状况，可以把外观检查、压力试验及部件检验结合起来以综合地对冷却系统进行检测与诊断，以排除故障。

冷却系统检测与诊断的目的主要是查明系统中存在的故障，常用的方法有外观检查、气缸密封性检查、水泵性能检查、散热器水管堵塞检查、节温器性能检查及水温表故障检查等。

1. 外观检查

外观检查主要是通过查看散热器、水泵、水管、水套、放水开关等部位是否漏水，冷却水水量是否足够，风扇和散热器的距离是否正确，皮带两侧面有否磨损。外观检查应在静止的冷发动机上进行，因为冷却系统的外部渗漏在冷态时容易被发现。当发动机热态时，这种泄漏因蒸发而不易被发现。对那些不容易接近的部件(气缸体后部、放水阀以及水泵的密封圈等)可以通过留在地面上的水迹判断泄漏部位。检查风扇皮带松紧度可用拇指压在风扇和发电机皮带轮中间的皮带上，施加 20～50N 的力。皮带压进距离应在 10～20mm 之间。

2. 压力试验

压力试验主要是检查内部渗漏。一般常见的内部渗漏有气缸垫漏气、缸盖螺栓松脱以及缸盖或缸体上有裂纹等。下面介绍两种压力试验方法。

(1) 气缸漏气试验。可用旧的火花塞壳制成一个连接器，通过它依次对每个火花塞孔输 700kPa 的压缩空气，这时活塞应处于压缩行程的上止点。如果将缸盖上的出水软管拆去，气缸漏气时冷却水中将有气泡冒出，或从出水口水位升高反映出来。这种方法，也是检验气门漏气的有效方法。另外，还可以采有 QLY-Ⅰ型气缸漏气量检验仪进行检验。

(2) 冷却系统密封性试验。在发动机不工作时，将 50kPa 的压缩空气从散热器放水阀引入，如图 3.69 所示，如果气压不降低，表示散热器加注口密封正常。起动发动机，在发动机热起动后，再通入 20kPa 的压缩空气，若冷却系统工作正常，气压表指针应抖动，不抖动表示节温器阻塞。气压表指针迅速上升至 50kPa，表示散热器阻塞或气缸垫漏气，此时不应立即停止发动机。停歇发动机后，压力表指针不立即下降，故障属于散热器水管阻塞；指针迅速下降，说明气缸垫漏气。在检查中，应查看有无漏水处。

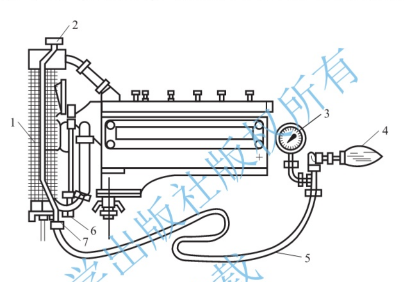


图 3.69　冷却系统密封性检查

1—散热器；2—水箱盖；3—压力表；4—橡皮球；5—软管；6—放水开关；7—蒸汽引出管

3. 水泵故障检查

水泵工作状态不正常或水泵叶轮打滑，使水泵的泵水量不能与发动机的转速成正比，或者水封泄漏。

(1) 水泵工作状态检查。打开散热器加水口盖，使发动机缓慢加速，查看加水口内冷却水的循环，若不断加快，则水泵工作正常，叶轮也不打滑，反之，水泵有问题。当不易从加水口观察冷却水的循环情况时，可用另一方法，让发动机在水温高时熄火，并迅速拆下气缸盖通往散热器上水室接头的胶管，再用布团将上水室接头塞住，从加水口向散热器内加注冷却水，再起动发动机，如气缸水套内和散热器中的水，被水泵泵出胶管口外 200mm 左右，说明水泵工作正常，叶轮也不打滑，反之则异常。

(2) 水泵流量试验。水泵流量试验须在专用试验台上进行，由试验台驱动装置带动水泵转动，观察排水量是否符合制造厂的标准或者是否有漏水现象。

4. 节温器性能检查

节温器是一个随冷却水水温高低，自动调节流经散热器水量的装置，从而使冷却水温度保持平衡。节温器是否失灵的检查方法是：在冷却水温度高时，拆下气缸盖通往散热器上水室接头胶管，用布或纱塞住上水室接头，向散热器内加注冷却水，然后起动发动机。当水温达到 80℃时，节温器处于开启状态。此时，就看到散热器中的水从开启的节温器内

泵出。发动机转速越高，泵出的距离越大。高温水泵出一段时间后，向散热器内加入冷却水。节温器随着发动机温度降低而关闭，通往上水室的胶管就没有水泵出了。如果发动机继续运转，冷却水温升到 80℃以上时，节温器又重新开启。当上述动作异常时，可拆下节温器或换装新的节温器试验，以确定使用的原节温器是否失灵。应当注意的是，不同车辆装用的节温器开启和关闭温度是不一样的。如东风 EQ1090 汽车的节温器，当水温低于 76℃时，主阀门关闭，侧阀门打开；随着水温提高，主阀门渐开，侧阀门渐关；当水温升到 86℃时，主阀门全开，侧阀门全关。检验节温器好坏还可以用另一种方法，把节温器从发动机上拆下，清洗后放在水中加热，用量程为 100℃的温度计测量温度，按节温器主阀门开启或侧阀门关闭的温度规定，检查其性能是否良好，工作是否可靠。当温度再提高 10℃左右节温器阀应全开，其工作升程应≥9mm。

5. 水温表故障的检测与诊断

正常的水温表，在打开点火开关后，指针应从 100℃向 40℃方向偏转，然后逐渐指示正确水温。当打开点火开关，仪表板上的其余仪表正常，水温表如果不动，可能有两种情况，一是水温表坏，二是水温表不坏，水温传感器坏。用旋具将水温传感器接线柱与机件短路，若产生水温表指针从 100℃向 40℃转动，说明水温表正常、传感器有故障。如水温表指针仍然不动、说明水温表本身有故障。当打开点火开关，水温表指针迅速从 100℃位置移至 40℃位置，但发动机温度升高后，指针仍然在 40℃位置不动，此时可拆下传感器导线，若指针迅速从 40℃位置回到 100℃位置，则说明水温表传感器内部有搭铁短路之处；若指针仍然在 40℃位置不动，则说明水温表至传感器的连接导线有搭铁之处。诊断时若发现传感器内部有故障，接线与发动机机体间发生断路，应立即关掉点火开关，以免烧坏水温表。另外，水温表还可以用 QDS-2A 型汽车电器万能试验器等设备检测，其检查方法为将被试水温表和该仪器 300mA 电流表及 12V 电源、负荷电阻接成串联回路，负荷电阻用以调节回路电流，比较两表的读数值。根据串联回路电流相等的原理来判定被试表的好坏，如图 3.70 所示。具体操作步骤如下。

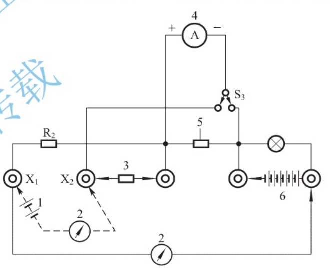


图 3.70　检验电热式水温表

1—12V 电源；2—被试仪表；3—300mA 分流器；4—电流表；5—30A 分流器；6—12V 电源；R_2—负荷电阻；S_3—电流表开关；X—插孔

(1) 将 300mA 外流器(仪器外附)，安装在仪器外接分流器 2 个接线柱上并拧紧。

(2) 取电源线 2 条，用正线将 12V 电源正极接在仪器负荷电阻接线柱上，用负线将电源负极接至被试表的负极。

(3) 取备用线 1 条，将被试表正极接至 300mA 分流器的负端(即外接分流器“—”极接线柱)。

(4) 将电流表开关扳向外接分流器一边，并逐渐旋紧负荷电阻。此时电表应有读数，并逐渐上升，待被试表的读数上升到稳定值后，比较两表的读数，应符合技术标准。

6. 散热器水管堵塞的检查

散热器水管因杂质、油污、积垢多而堵塞时，就会因冷却水循环受阻而使水温过高。检查的方法是：打开散热器加水口盖，使上水室的水位低于加水口 10mm 左右，然后起动发动机，先以怠速运转，注意观察水流和水位，随后使发动机转速提高到 1200r/min 左右，仔细观察转速提高时的水位变化，如果比怠速时水位升高，甚至冷却水溢出加水口，说明管道堵塞；如果比怠速时水位略低，而且又随着发动机转速的稳定，水位相对保持不变，则表示散热器畅通，水管无堵塞。

3.8 发动机异响诊断

发动机运转过程中，不可避免地会产生噪声，但发动机技术状况不良时，会产生与发动机正常运转时发出的噪声有所不同的异常声响。例如：发动机主要部件的配合副磨损后间隙增大，会在运转中产生冲击或振动，发出金属敲击声；发动机爆震产生的冲击波撞击缸壁和活塞连杆组，也会发出类似金属敲击的异响；发动机气门及风扇等处，因气流振动可产生空气动力异响；在发电机、起动机和电磁元件内，因磁场交替变化，会引起某些部件产生振动面发出电磁异响。由于只有在主要部件的配合副磨损后间隙增大或有故障时，异响才会产生，因此若能将其正确判别出来，也就能反映相关部件的技术状况。另外，由于某些不正常的响声往往是发动机发生破坏故障的前兆；而且，发动机易于产生异响的各配合副，如气缸与活塞以及曲柄连杆配合副等，在不解体条件下用其他方法很难直接检测，所以发动机异响诊断就更引起人们的重视。深入研究发动机的各种异响，揭示异响与发动机技术状况的内在关系，开发适用于在汽车使用条件下检测发动机异响的仪器，是汽车检测诊断技术的重要内容。

3.8.1 发动机异响的性质和特征

1. 发动机异响的性质

发动机运转时的声音不是纯声，而是一组复杂噪声。依照噪声的来源可分为机械噪声、燃烧噪声、空气动力噪声和电磁噪声。发动机种类、转速和负荷不同时，占主导地位的噪声成分也不同。无负荷时，汽油机的主要噪声是机械噪声，而柴油机由于燃烧过程工作粗暴，主要噪声是燃烧噪声。各种噪声尽管来源不同，却都混杂在一起。发动机技术状况不正常时，所发出的异常声响与各种噪声叠加在一起，形成了连续声谱。

由于发动机的工作过程是周期性循环的，因此发动机工作时发出的各种噪声和异响也是周期性重复出现的。

发动机工作时发出的各种噪声、异响在向外传播过程中，若遇到缸体、缸盖、气门罩、油底壳的阻挡，不可避免地会转化为这些部件外表面的振动。由于各种噪声混杂在一起，由此引起的表面振动也是交织在一起的。

2. 发动机异响的特征

要分辨发动机工作时发出的声响是正常声响还是异常噪声，以及区分各类异响，确定

发出异响的部位，需要对异响的特征进行研究。

(1) 振动频率和振幅。振动物体发出的声音以波的形式向外传播，有波动频率和波动幅度两个要素，分别决定于声波振动的快慢和强度。这样，声波所导致的发动机外表面的振动也具有与声波的频率和振幅相对应的振动频率和振幅。

研究表明，发动机每种敲击响声即声源引起的振动并非单一的，而是常常由一组频率不同的振动组成。但每种声响所引起的一组频率不同的振动之中也常含有一个或多个区别于其他声响的振动频率，称为信息频率或特征频率。信息频率取决于声源的物理特征。对同类发动机而言，同一声源所导致的振动的信息频率是近似的。为此，可以根据信息频率判断发出异响的声源或异响部位。

当发动机相互运动配合副磨损间隙增大时，配合副相互冲撞加剧，所产生声响的声强或声压增大，由之引起的表面振动的振幅也增大。可见，振幅的大小可反映配合副的技术状况好坏。

(2) 相位。发动机各缸按一定次序周期性工作，各缸燃烧后所产生的最高压力也以该次序产生。尽管各缸同类部件发出异响的特征频率相同或类似，但出现的相位不同，各缸异响信号间也存在时间上的差异。同样，同一缸不同部位所产生的异响也存在相位上的差异，即出现于不同曲轴转角处，如气门响则是与进、排气时刻相对应。虽然许多部位发出的异响出现在做功行程，如活塞敲缸、活塞销响、连杆轴承响、曲轴轴承响，但由于作用力传递过程的时间差异，不同部位的异响也存在相位上的差异，即异响发生时刻所对应的曲轴转角不同。

3. 影响异响诊断的因素

影响异响诊断的因素有以下几个方面。

(1) 转速。发动机异响与转速有极大关系，如活塞敲缸、曲轴轴承响在比怠速稍高的转速下较明显气门响、活塞销响在转速为 1000r/min 时较明显；而连杆轴承响在转速突变的情况下更突出。异响诊断应在异响最明显的转速下进行，并尽量在低转速下进行，以减轻不必要的噪声和损耗。

(2) 温度。热膨胀系数较大的配合副所发出的异响与温度关系很大。如活塞敲缸声在发动机冷起动时较为明显，而发动机工作温度升高后，敲缸声减弱或消失，所以诊断活塞敲缸声时，应在冷车下进行。热膨胀系数小的配合副所发出的异响则与温度关系不大。

(3) 负荷。许多异响与发动机的负荷有关，如曲轴轴承响、连杆轴承响、活塞敲缸响等均随负荷增大而增强。但有的异响与负荷间的关系不明显，如气门响、凸轮轴轴承响和正时齿轮响。诊断在用汽车发动机异响时，常在变速器挂空挡、发动机以规定转速运转的条件下进行。

(4) 诊断部位。发动机发生异响的部位由发动机的结构确定，但异常的能量随离开声源的距离越远越弱，即声波的声强或声波在发动机外表面所引起的振动的振幅，随检测点距声源的远近而变化。为了准确测得异响信号或获得足够强的异响信号，异响检测点应距声源越近越好。此外，测量点变化后所测得的振动信号的强弱变化，也有助于判断异响产生的部位。

东风 EQ6100 型发动机主要异响诊断的特征频率、转速、温度及检测位置见表 3-13。

表 3-13　东风 EQ6100 型发动机异响诊断方法

异响种类	特征频率/Hz	转速/(r/min)	温度	检 测 位 置	辅助判断
曲轴轴承响	400	650	热车	缸体右侧下部，缸体主油道对应各轴瓦处	直接测量
连杆轴承响	400 或 800	800	热车 冷车	缸体右侧排气管中心根底处	断火对比或轻度急轰加速踏板
活塞销响	1200	1200	热车	缸体左侧偏离固定螺栓处	断火对比
活塞敲缸响	1200	900	冷车	缸体左侧火花塞孔下部相应缸体处	冷热车对比
气门响	2800	1200	热车	气门盖顶部对应位置	直接测量

3.8.2　发动机异响诊断仪

发动机异响诊断仪的基本工作原理建立在以上关于异响特征研究的基础上。异响诊断常用仪器有两种类型，便携式异响诊断仪和带相位选择的示波器显示异响诊断仪。许多发动机综合检测仪具有发动机异响诊断的功能。

1. 便携式异响诊断仪

便携式异响诊断仪由传感器、前置放大器、双 T 型选频网络、显示仪表 5 部分组成，其方案框图如图 3.71 所示。异响诊断仪的传感器通常采用压电式加速度计，其结构如图 3.72所示。传感器中由两片压电材料(如石英晶体或锆钛酸铅压电陶瓷)组成。压电材料片上置一铜制质量块，并用片簧对质量块预加负荷。整个组件装于金属壳内，壳体和中心引出端为 2 个输出端。

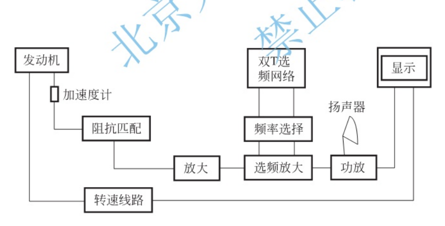


图 3.71　便携式异响诊断仪方案框图

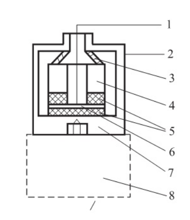


图3.72　压电式加速度计结构示意图

1—输出端；2—接地线；3—片簧；4—铜块；5—压电陶瓷片；6—中间隔片；7—外壳；8—磁座

当压电材料受到外力作用时，不仅其几何尺寸发生变化，而且内部极化，表面上有电荷出现，形成电场，当外力去掉时，其又恢复到原来状态，这种现象称为压电效应。当加速度计受到振动时，质量块随之振动，同时会有一个因振动而产生的惯性力作用于压电材料片上，其惯性力 F(N)的大小与振动加速度 a(m/s^2)与质量块的质量 m(kg)有关。即有

$$F=m\cdot a$$

作用于压电材料片上的惯性力使表面产生电荷。在表面所积聚的电荷量与惯性力成正比，即

$$q=D\cdot F$$

式中，q——电荷量(C)；

F——惯性力(N)；

D——压电常数(C/N)。

因此

$$q=D\cdot m\cdot a$$

传感器结构一定时，D 和 m 均为常数，电荷量 q 与振动加速度成正比。显然，对于振动加速度来说，其大小、方向是周期性变化的，电荷量 q 也是周期性变化的。这样，带电表面与壳体间就会出现周期性变化的电压。其变化频率取决于振动频率，振幅越大，振动加速度越大，压电材料表面产生的电荷量越大，输出电压越高。可见，输出电压信号的变化频率可表示振动频率，而电压高低反映振动幅度。若振动由异响引起，则电压值就可反映异响的强弱。

压电加速度计常制成两种类型：①具有磁座，可将其吸附在发动机壳体上；②制成手握式，通过与加速度计相连的探棒接触检测部位并传递振动。

为了诊断异响，必须把异响振动所产生的电压信号从各种不同噪声振动所产生的信号中分离出来。为此，压电加速度计输出信号经屏蔽导线连接到有高输入阻抗的前置放大器始入端，再经差动放大器放大后输入双 T 型选频网络。该网络实质上是一组具有不同中心频率的选频放大器，而且中心频率可用琴键开关变换对应于经试验研究确定的发动机各主要异响的特征频率。选频放大器的功能是放大电压信号中与中心频率相一致的部分，削弱或滤去与中心频率不一致的成分，经过选频放大，异响特征频率电压信号强度加强，再经功率放大输给扬声器或耳机，同时由电压表指示电压信号峰值，电压表又用做转速表。

2. 示波器显示异响诊断仪

图 3.73 所示是带相位选择的示波器显示异响诊断仪方案框图，其特点是相位选择在一定时刻让信号通过诊断装置，该时刻对应于故障机件出现异响振动的时刻，即把异响振动与曲轴转角联系起来，同时，异响振动波形可在示波器上显示出来。

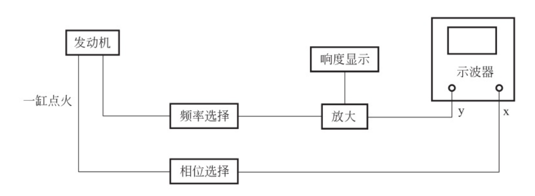


图 3.73　相位选择的示波器显示异响诊断仪方案框图

由于某缸配合机件的敲击振动总在该缸点火后发生，某一时刻结束，因此对于汽油机而言，可用转速传感器从一缸点火高压线上获得点火脉冲信号，用点火脉冲信号触发示波

器的扫描装置，在开始点火的时刻使经选频后的异响振动电压信号导通。导通的相位和导通的时刻可以均匀调节。这样，相位选择装置使从时间及相位上的差异分辨异响得以实现。通过选频的振动信号输送到示波器垂直偏转放大器输入端，同时来自一缸高压线的点火脉冲信号触发相位选择器以控制示波器的扫描装置，从而在示波器屏幕上显示出经过相、频选择的振动波形，可用于直接观察振动波形的振幅、相位和延续时间。

国产 QFC-3 型、QFC-4 型和 WFJ-I 型等发动机综合检测仪，均带有示波器，具有显示发动机异响振动波形的功能。

一般而言，在点火提前角正常的情况下，活塞销响的异响故障波形出现在整个波形的前部(或中部)，活塞敲缸异响故障波形出现在整个波形的中部(或前部)，连杆轴承响出现在中后部，曲轴轴承响出现在波形最后部。因各种异响对应着不同振动频率，同时振动中的振幅大小变化过程存在差异，因此显示在示波器上的振动波形所对应的凸轮轴转角和形状有所不同。图 3.74 所示为活塞销响、活塞敲缸、连杆轴承响和曲轴主轴承响等常见发动机异响的故障波形。

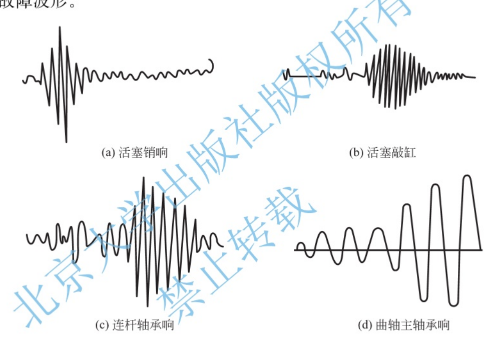


图 3.74　常见发动机异响故障波形

3.8.3　异响诊断方法

1. 异响故障的诊断原则

诊断发动机异响故障，应考虑新老发动机的不同特点。通常新发动机的技术状况比较好，运转过程中一般无杂乱声响。一旦因某种原因引起异常声响时，便会清晰而单纯地暴露出来，因而便于分析、诊断，可以对异响直接进行特性分析，查明原因。然而，使用较久，尤其接近大修时的老旧发动机，因自然磨损，各运动件的间隙都不可能保持标准，技术状况亦趋恶化，不可避免地要存在着各种声响，以致显得噪声嘈杂，其异响就不容易分辨，则应按一定的原则进行诊断。首先，应区分哪些异响可以暂时忽视，哪些是必须确诊排除的。一般的原则是：声响仅在怠速运转期间存在，转速提高后即消失，而且在发动机长期使用过程中，这种声响又无明显变化的，就属于危害不大的异响，可暂时忽略，待适当时机再修理。若声响在发动机急加速或急减速出现，并且在发动机中、高速运转期间仍

存在，同时机体振抖，一般属于应立即确诊排除的异响。若在发动机运转过程中，突然产生较大的异常声响，应立即停机，不可继续运转。否则将可能招致发动机的严重损坏。遇此情况，应逐步拆检排除。通常可以先拆下油底壳，对轴瓦进行检查，如未发现问题，可进而拆下气缸盖检查气缸壁、活塞等。然后，对异响进行确诊。确诊异响，就是对异响进行特性分析，查明异响的特征，然后断定其原因，予以排除。

2. 异响故障的诊断区域

发动机有异响存在时，在发动机某些部位就会产生振动，其振动频率与异响声音频率一致。由于不同发响机件所处部位不同，所以在发动机上的振动区域亦不一样。因此，寻找重点区域进行听诊，可以大致判明发响机件的部位。常见异响所引起的振动，在发动机的气缸盖、气门室从其凸轮轴部位和曲轴箱分界面(即油底壳与缸体接合处)部位有所反应。此外，在加机油口、正时齿轮盖处，也能听出异响。常见异响在发动机上进行诊断的区域，可以分为 4 个区域 2 个部位，如图 3.75 所示。

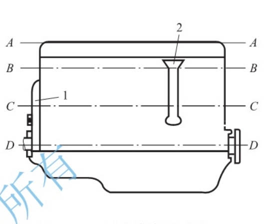


图 3.75　异响的诊断区域

1—正时齿轮盖；2—加机油口

(1) *A*—*A* 区域。在该区域，可用旋具接触气缸盖各缸燃烧室部位或接触与主轴承、气门等相对的部位。这样可以辅助诊断活塞顶碰缸盖、气缸凸肩(因磨损过甚所致)、气门座圈脱出、主轴承松旷等故障。

(2) *B*—*B* 区域。在该区域的气门室一侧，可听察气门组合件及挺杆等发响。在气门室对面，用旋具触试，可辅助诊断活塞敲缸一类故障，拆下加机油口盖，用耳听察，可辅助诊断活塞销响、连杆轴承响、活塞环漏气等故障。

(3) *C*—*C* 区域。在该区域，用旋具触试凸轮轴衬套部位或触试正时齿轮盖部位，可辅助诊断凸轮轴正时齿轮破裂或其固定螺母松动、凸轮轴衬套松旷等故障。

(4) *D*—*D* 区域。在该区域，用旋具触试气缸体与油底壳分界面处(凸轮轴的对面)可以辅助诊断主轴承发响等故障。

(5) 2 个部位。即加机油口部位和正时齿轮盖部位。

发动机常见的异响故障较多，下面仅举几例说明其故障诊断方法。

1) 活塞敲缸响

(1) 响声特征。发动机怠速或低速时在气缸上部发出有节奏的金属敲击声，转速升高后响声减弱或消失；发动机温度变化时响声变化，多为冷车时较响而热车时响声减弱或消失，个别情况温升后响声加大或不变；其响声与发动机负荷有关，多为单缸断火后响声减弱或消失，个别情况单缸断火后响声不变或加大。

(2) 故障原因。

① 活塞与缸壁间隙过大。

② 活塞与缸壁间润滑不良。

③ 活塞圆度不合标准。

④ 活塞销与座孔装配过紧，活塞销与连杆衬套装配过紧。

⑤ 连杆轴颈与主轴颈不平行，连杆衬套轴向偏斜，连杆弯曲。

⑥ 活塞裙部圆柱度不合标准。

(3) 异响诊断。该异响的诊断部位，如图 3.75 所示的 $B—B$ 区域。

① 发动机初起动时，低温运转，发出有节奏的“嗒、嗒、嗒”金属敲击声，将发动机转速控制在声响最明显的范围内，然后缓缓加速至中速及中速以上，若响声减弱或消失，可初步诊断该异响为活塞敲缸响。

② 将发动机转速控制在声响最明显的范围内，然后逐缸断火试验，若某缸断火后其响声减弱或消失，则说明此缸响；若发动机温度升高后其响声减弱至消失，即可断定其活塞裙部与缸壁间隙过大。为进一步证实其诊断结论，可将该缸火花要拆下，向气缸内注入少量浓机油(20～25mL)，慢慢转动发动机，使机油附于气缸壁和活塞之间，立即装上火花塞再起动发动机查听，其敲击声减轻或消失，但运转短时间后又出现敲击声，则说明该缸活塞与缸壁间隙确实过大。

③ 若发动机温度低时不响，待温度上升后，在中、高速时，发出急速而有节奏性的“嘎、嘎”的明显响声，温度越高，声响越大，并易分出前、中、后部位，做断火试验时，其声音没有多大变化，即可诊断为连杆轴颈与主轴颈不平行或连杆衬套轴向偏斜、连杆弯曲引起的活塞敲缸响。

④ 发动机怠速时发出“嗒、嗒”声，机体件有抖动，且温度升高后，响声加大。若某缸断火，响声加大，则该缸为故障缸。引起异响的原因可能是：活塞圆度不合标准；活塞与缸壁间隙过小；活塞销装配过紧而变形；活塞环背隙、端隙过小；缸壁与活塞润滑不良等。

⑤ 发动机低速时发出“嗒、嗒”的金属敲击声，转速提高后响声消失，而温度变化时其响声不变。若某缸断火，响声反而加大，并由间隔发响变为连续发响，则该缸为故障缸。引起异响的原因是活塞裙部的圆柱度不合标准。

2) 活塞销响

(1) 响声特征。响声为较尖锐清脆的金属敲击声，怠速和中速时，响声比较明显、清晰；发动机转速变化时，响声周期也随着变化，加速时声响更大；发动机温度升高后，响声不减；单缸断火时响声明显减弱或消失；略将点火时刻提前，声响加剧。

(2) 故障原因。

① 活塞销与连杆衬套配合松旷。

② 活塞销与活塞销座孔配合松旷。

③ 机油压力过低，机油飞溅不足，润滑条件差。

④ 活塞销锁环脱落，使活塞销自由窜动。

(3) 异响诊断。通常的检查方法是在发动机加油口处查听，如图 3.75 所示。将发动机转速控制在响声最明显的范围内，然后逐缸断火试验，若断火时其响声消失，而在复火的瞬间突然出现一响声或连续两响声，则可诊断为活塞销响。这种响声在气缸上、下部较为明显，如响声不明显，可略将点火提前一些，这时若响声较前明显，也诊断为活塞销响。

3) 曲轴主轴承响

(1) 响声特征。发动机急加速时，发出沉重的“当、当、当”金属敲击声，严重时发动机发生振动；发动机转速越高，响声越大，发动机负荷越大，响声越明显；一般单缸断火，响声不变，而相邻两缸同时断火，响声会明显减弱；发动机温度变化时响声无变化；响声严重时机油压力明显降低。

（2）故障原因。

① 主轴承盖螺栓松动。

② 主轴承与主轴颈配合间隙过大。

③ 主轴承润滑不良，导致轴瓦合金烧毁脱落。

④ 主轴承瓦尺寸不符，或装配不当引起轴瓦转动或破裂。

⑤ 曲轴弯曲或轴向间隙过大。

（3）异响诊断。诊断时，通常在气缸体下部靠近曲轴箱分开面处及机油加油口处查听，如图 3.75 所示的 $D—D$ 区域。

① 在机油加油口处查听，反复变更发动机转速，当突然加速或减速，如有明显沉重的“当、当、当”金属敲击响声，则是主轴承响。

② 若发动机高速运转时，机体有较大的振动，汽车载重爬坡时，驾驶室有振动感，机油压力显著下降，则说明主轴承间隙过大、轴瓦合金脱落。

③ 利用断火法查听响声。单缸断火时响声不变，而进行相邻两缸的断火试验，异响声明显减弱，则故障为该两缸之间的主轴承响。

④ 若怀疑曲轴轴向窜动发响时，可以踏下离合器踏板来查听其响声有无变化来诊断。如响声减小或消失，则为曲轴轴向窜动发响。

⑤ 发动机怠速全中速运转时，“当、当、当”的有节奏性而钝重的响声较明显，而到高速时响声杂乱，则异响可能是由曲轴弯曲引起的。

4）连杆轴承响

（1）响声特征。当发动机突然加速时，有“当、当、当”连续明显、轻而短促的敲击声；怠速时响声较小，中速时较为明显：发动机温度升高后，响声无大变化；响声随负荷的增大而加剧；单缸断火后响声明显减小或消失。

（2）故障原因。

① 连杆轴承盖螺栓松动。

② 连杆轴承与轴颈径向间隙过大。

③ 连杆轴承合金烧毁或脱落。

④ 连杆轴颈失圆，使轴与轴承之间接触不良。

⑤ 连杆轴承尺寸不符引起转动而阻塞油道或轴瓦破裂。

⑥ 机油油压不足，使连杆轴承润滑不良。

（3）异响诊断。连杆轴承异响时，在拆下堵盖后的加机油口处仔细听察，其响声较大，严重时在发动机附近就能听到。具体诊断方法如下。

① 发动机温度低初起动时，转速不高，油压低，发动机发出“当、当、当”有节奏性的清晰而明显的敲击声，而待油压上升后，若响声减小或消失，则这种响声为个别连杆轴承间隙稍大或轴瓦合金层有剥落所致。

② 发动机温度较高时，由低速突然加至中、高速，其发出的敲击声明显加大，而转速再升高时，响声减小或消失，此时进行逐缸断火试验。若某缸断火后响声减小或消失，而复火后恢复，则故障为该缸的连杆轴承响，主要是连杆轴承间隙过大所致；如果尚未听准，可关闭阻风门使混合气加浓后再听，这样响声比较明显。

③ 诊断时，必须注意检查机油压力。如果响声严重，又伴随有机油压力低，可确诊为连杆轴承响，其原因是连杆轴承间隙过大。这点往往是区别连杆轴承响与活塞销响、活

塞敲缸响的重要依据。

5）气门响

（1）响声特征。发动机怠速时，发出有节奏的“嗒、嗒、嗒”响声；转速增高，响声也随之增大；发动机温度变化或进行断火试验时，响声不变。

（2）故障原因。

① 气门间隙过大。

② 气门挺杆处润滑不良。

（3）异响诊断。

① 对于侧置式气门在气门室一侧，对于顶置式气门则在气门室罩旁查听。若响声不随发动机温度、断火试验变化，而声响频率随发动机转速不同而变化，且高、中、低速时均有响声，则可诊断为气门挺杆响。

② 为查明是哪一个气门挺杆响，可将气门室盖拆下，在怠速时用适当厚度的塞尺插入气门间隙中、逐个试验。当插入某个气门间隙中时，响声减小或消失，即可诊断是该气门响，且由气门间隙过大造成。

3. 便携式异响诊断仪使用方法

以下介绍便携式异响诊断仪使用方法。

（1）发动机走热过程开始，即把压电加速度计放在发动机缸盖上部气缸中心线位置(或用探棒顶在该位置)，在怠速下用直流电路(不接通选频网络)检测有无金属敲击异常声响。

（2）左右移动加速度计，观察显示仪表指示值有无明显增加的异常部位。

（3）在异常部位上，依次按下琴键开关，观察在何种异响的特征频率下，仪表指示值显著增大。若检测部位与中心频率对应的异响部位相对应，则可初步判断该异响由该特征频率对应的部件引起。如果仪表读数较大，但检测部位与中心频率所对应的异响部位不符，可上下移动加速度计，直至二者相符。

（4）在异响最为明显的转速、温度测试条件下及最有利的检测位置，仪表读数超过正常统计数据的位置即为异响振动。

4. 异响振动波形检测方法

采用带相位选择的示波器显示异响诊断仪或具有异响诊断功能的发动机综合检测仪，可通过对异响振动波形的检测对发动机异响进行诊断。在检测异响振动波形前，应首先阅读所使用仪器的使用说明书，按说明书的要求进行操作。下面以 WFJ－I 型微机发动机检测仪为例介绍异响波形的检测方法。

（1）在第一缸安装转速传感器。

（2）检测曲轴主轴承响时，输入操作码“33”，压电加速度计探棒垂直顶在振动最明显部位，一般应在油底壳上。先把发动机转速稳定在 600～800r/min 之间，然后抖动加速踏板，若有明显瞬时波形，则说明曲轴轴承响。在抖动加速踏板的同时，按一下“存储”键，则主轴承响的振动波形存储在仪器中，复位后输入“8※”（※代表发动机的缸数），可在屏幕上重显存入的波形。按下“全缸”键，屏幕上显示出各个气缸曲轴主轴承响波形，从中确定振动波形幅度最大的气缸；再按下“单缸”键，可依次单独显示出各缸波形，以判断异响出现的部位及异响波形的幅度。按下“打印”键，还可打印出上述波形。

(3) 检测连杆轴承响时，仍输入操作码“33”，加速度计探棒触在缸体侧面，对准缸套的上部。提高发动机转速，找到异响明显的转速，并在该转速下抖动加速踏板，若有瞬时高峰波形出现，则说明连杆轴承响。可按检测曲轴主轴承的方法进行波形存储、全缸波形重显和缸位判断，并可打印出波形。

(4) 检测活塞敲缸响时，需输入操作码“33”或“34”，加速度计抵在气缸体的上部。活塞敲缸响一般在冷车下较为明显，在低速下较为清晰。在 800r/min 以下的转速下轻抖加速踏板，若有明显瞬间波形，说明有活塞敲缸响。

(5) 检测活塞销响时，需输入操作码“34”或“35”，加速度计抵在缸盖、缸体结合处，中高速下抖动加速踏板，若有窄、尖的瞬间波形出现，说明活塞销响。

(6) 检测气门响时，需输入操作码“36”，加速度计触在进、排气门附近，发动机在 1200r/min 左右的转速下运转。若波形幅度明显增大，说明气门响。

发动机异响是较复杂的物理现象，尽管已经开发出了较为先进的检测仪器，但要准确地进行异响诊断，还需要在实践中不断观察、总结和比较各种异响振动波形，以积累丰富的异响诊断经验。

3.8.4　配气相位的动态检测

1. 配气相位

发动机进、排气门开启和关闭的时刻相对于活塞上、下止点时的曲轴转角称为配气相位。为使新鲜空气进气充足，废气排除干净，进、排气门都要早开迟闭，以充分利用气流的惯性，尽可能延长进、排气时间。东风 EQ1090E 汽车发动机的配气相位为：进气门在排气行程活塞到达上止点前 20°打开，在进气行程下止点后 56°关闭；排气门在做功行程下止点前 38.5°打开、在排气行程上止点后 20.5°关闭。

2. 配气相位动态检测的基本原理

气门关闭时，与气门座碰撞也会发出声响，使机体产生相应振动，若采用压电加速度计检测出进、排气门关闭时产生的落座波形，同时用缸压传感器检测出活塞到达上止点的时刻，即可在发动机运转的状态下，动态检测发动机的配气相位。

由于发动机各缸处于压缩行程上止点时，各缸的进、排气门均处在关闭状态，因此某缸进、排气门关闭时所产生的振动波形不会出现在该缸的并列波形上。对于 6 缸发动机而言，当 1 缸活塞到达压缩行程上止点(压缩压力最大)的前后，正好对应于 5 缸进气门和 6 缸排气门关闭，如图 3.76 所示。在按照点火顺序排列的并列波形上，1 缸波形上的振动波反映 5 缸进气门和 6 缸排气门关闭相对于上止点的位置(凸轮轴转角)。

在 6 缸并列波上，各缸气门落座振动波形出现的位置如图 3.77 所示。以东风 EQ1090E 型汽车发动机为例，当 1 缸活塞处于压缩行程上止点时，1 缸进气门已在此前 124°(180°−56°)曲轴转角处关闭。对于 6 缸发动机，4 缸活塞到达上止点比 1 缸活塞到达上止点提前 120°曲轴转角。1 缸进气门关闭时正处于 4 缸压缩行程上止点前 4°，表现在并列波形上，则 1 缸进气门落座振动波形处于 4 缸波形上止点前 2°凸轮轴转角。同理，1 缸排气门已于 1 缸活塞到达上止点前 239.5°时关闭，此时处于 6 缸活塞到达上止点后 20.5°曲轴转角。1 缸排气门落应振动波形出现于 6 缸波形上止点前后 10.25°凸轮轴转角。确定了 1 缸进、排气门落座振动波形出现的位置后，按发动机各缸工作顺序，不难确定其余缸

进、排气门落座振动波形出现的位置。

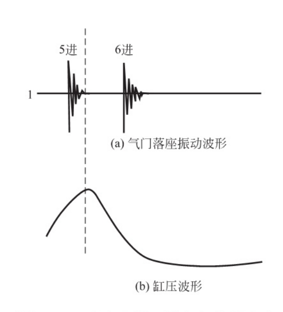


图 3.76　1 缸缸压波形和气门落座波形

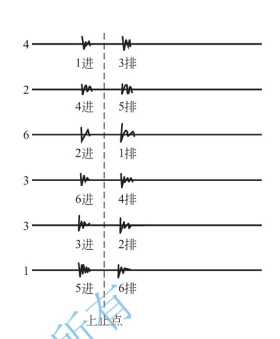


图 3.77　各缸气门落座振动波形出现的位置

进、排气门落座振动波形的位置表示了进、排气门关闭时，相对于上止点的凸轮轴转角。与标准值比较，可判断进、排气门关闭时刻是否正确。但利用此方法还不能检测进、排气门的开启时刻，不能全面评价发动机的配气相位。

小　结

发动机技术状况的检测是汽车检测的重要内容。在实际检测过程中，通常分为发动机功率、发动机密封性能、供油系统技术状态、点火系统技术状态、润滑系统技术状态、冷却系统技术状态及发动机异响检测等方面。

发动机功率检测方法有稳态测功和动态测功之分。一般来说，稳态测功必须在专门台架上进行，它常用于发动机的研究开发和质量检测，其特点是：测定的功率比较准确，需要专门的测功设备给发动机加载，设备复杂昂贵。而动态测功可以在汽车不解体条件下进行就车测定发动机功率，其特点是：所用仪器轻便，测功速度快，方法简单，但测功精度较低。由于动态测功无须对发动机施加外载荷，因此又称为无负荷测功。对于汽车使用单位，目前应用较为广泛的是无负荷测功。

气缸密封性与气缸、气缸盖、气缸衬垫、活塞、活塞环和进、排气门等零件的技术状况有关。气缸密封性是表征气缸组技术状况的重要参数。气缸密封性的诊断参数主要有气缸压缩压力、曲轴箱窜气量、气缸漏气量、气缸漏气率及进气管真空度等。

汽车发动机的燃油供给系统，必须根据发动机的工况供给气缸高质量的混合气。只有这样，发动机才能正常工作并具有良好的动力性和经济性。混合气质量是发动机燃油供给系统检测的综合性检测项目。汽油车燃油供给系统检测主要考虑汽油泵技术状况、喷油信号和喷油压力的检测。柴油车燃油供给系统检测主要考虑喷油器技术状况和喷油压力波形。

对点火系统进行检测主要是利用仪器分析点火线圈初、次级电压波形(主要是次级电

压波形)，进而判断点火系统的工作情况，以及测试点火提前角等。所用仪器，一般是汽车专用示波器或发动机综合性能分析仪。

润滑系统统检测的主要参数为：机油压力、机油消耗量和机油品质。这些参数既可表征润滑系统的技术状况，又可反映曲柄连杆机构有关配合副的技术状况。

冷却系统检测与诊断的目的主要是查明系统中存在的故障，常用的方法有外观检查、气缸密封性检查、水泵性能检查、散热器水管堵塞检查、节温器性能检查及水温表故障检查等。

发动机常见的异响主要有机械异响、燃烧异响、空气动力异响和电磁异响，转速、温度、负荷和润滑条件等都会影响发动机异响。曲轴主轴承响、曲轴连杆轴承响、活塞销响、活塞敲缸响、气门响等为发动机常产生的异响。便携式异响分析仪可就车检测发动机异响波形。

习　　题

1. 术语解释

3-1　无负荷测功

3-2　稳态测功

3-3　压电效应

3-4　点火正时

2. 填空题

3-5　常见的测功器有________、________和________三种。

3-6　按测功原理，无负荷测功可分为两类：用测定________的方法测定瞬时功率；用测定________的方法测定平均功率。

3-7　气缸密封性的诊断参数主要有________、________、________、________及________等。

3-8　汽油机混合气质量一般用________或________评价。

3-9　汽油机燃油供给系统检测的主要项目主要包括________、________、________。

3-10　柴油机燃油供给系统的作用是根据柴油机各种工况的需要，将适量的柴油在适当的时间并以合理的空间形态喷入燃烧室，即对________、________和________三方面进行有效控制。

3-11　对点火系统进行检测主要是利用仪器分析________，进而判断点火系统的工作情况，以及测试________等。

3-12　润滑系统检测的主要参数有：________、________和________。

3-13　检测机油中金属微粒的含量，不仅能表明机油被________污染的程度，还可用来确定________的程度。

3-14　冷却系统检测与诊断的目的主要是查明系统中存在的故障，常用的方法有________、气缸密封性检查、________、________、________及水温表故障检查等。

3-15　发动机运转时的噪声按来源可分为________、________、________和________。

3. 问答题

3-16　用以评价发动机技术状况的主要诊断参数有哪些?

3-17　在发动机综合性能检测中使用哪些检测设备？

3-18　什么是稳态测功和动态测功？

3-19　无负荷测功原理和测功方法是什么？

3-20　发动机功率诊断参数标准是什么？

3-21　发动机功率(包括单缸功率)偏低的主要原因是什么？

3-22　如何利用单缸断火情况下测得的发动机转速下降值来评价发动机各缸的工作状况？

3-23　气缸密封性与哪些零件的技术状况有关？

3-24　气缸密封性的诊断参数主要有哪些？

3-25　试述气缸压力表的结构、工作原理、使用(检测)方法和检测中存在的缺点。

3-26　如何对气缸压力检测结果进行分析？

3-27　气缸漏气量(率)检测仪结构、工作原理和使用(检测)方法是什么？

3-28　气缸压力、曲轴箱窜气量、气缸漏气量的诊断参数标准是什么？

3-29　真空表结构、工作原理和使用(检测)方法是什么？

3-30　发动机综合性能检测的主要检测项目有哪些？

3-31　简述发动机综合性能检测仪的类型、功能、功能特点。

3-32　发动机综合性能检测仪的基本结构、工作原理和使用方法是什么？

3-33　根据汽油机排气成分分析空燃比是否是适当的方法？

3-34　简述测量汽油机燃油供给系统静态油压的步骤。

3-35　简述喷油器在关闭位置不能开启的主要原因。

3-36　简述喷油器喷前滴漏的主要原因。

3-37　简述缸压法检测柴油机供油提前角的基本原理。

3-38　简述微机控制点火系统点火正时不准的常见原因。

3-39　简述发动机润滑系统机油压力高低的决定因素。

3-40　简述机油消耗量的影响因素。

3-41　简述铁谱分析用于机油分析的基本方法。

3-42　简述机油变质的主要原因。

3-43　压力循环水冷式冷却系统的典型故障有哪些？如何诊断？如何检测水泵和节温器的好坏？

3-44　常见的发动机异响故障有哪些？如何诊断？

3-45　发动机异响与发动机工作循环、温度、负荷和转速存在什么关系？如何利用这些关系诊断故障？

第 4 章　汽车底盘检测与诊断

教学提示： 汽车底盘的技术状况决定着汽车行驶的操纵稳定性、安全性、传动效率和行驶阻力，同时还影响汽车的动力性和燃油经济性。可见汽车底盘是汽车检测与诊断的重点内容之一。用于评价汽车底盘技术状况的主要参数有：驱动轮输出功率或牵引力、传动系的游动角度、车轮定位及侧滑量、转向盘游动角度、制动效能、滑行距离、车轮不平衡量和总成工作温度等。重点讲解汽车底盘各组成系统的性能检测与故障诊断方法，并注意检测、诊断的特定条件以及诊断参数标准，特别是影响检测、诊断结果准确性的因素。对检测设备的工作原理和使用方法要讲解透彻。

教学要求： 本章主要应掌握汽车底盘各组成系统的性能检测与故障诊断方法。其重点是让学生了解检测设备的结构组成，理解检测设备的工作原理及底盘各组成系统的故障原因，掌握检测设备的使用方法及底盘各组成系统的故障诊断与排除方法。

汽车底盘由传动系统、行驶系统、转向系统和制动系统等组成，汽车底盘各系统、总成的技术状况决定着汽车行驶的操纵稳定性、安全性、传动效率和行驶阻力，同时还影响汽车的动力性和燃油经济性。可见，汽车底盘是汽车检测与诊断的重点内容之一。

用于评价汽车底盘技术状况的主要参数有：驱动轮输出功率或牵引力、传动系统的游动角度、车轮定位及侧滑量、转向盘游动角度、制动效能(制动力、制动距离或制动减速度)、滑行距离、车轮不平衡量和总成工作温度等。汽车底盘的技术状况既可以通过道路试验检测和诊断，也可以采用室内台架试验检测和诊断。底盘技术状况的诊断参数见表 1－2。

4.1　底盘输出功率检测

底盘输出功率检测又称底盘测功。底盘测功的目的，一是为了获得驱动车轮的输出功率或驱动力，以便评价汽车的动力性；二是用获得的驱动车轮输出功率和发动机输出功率进行对比，并求出传动效率，以便评价汽车传动系统的技术状况。底盘输出功率的检测在底盘测功试验台上进行。

4.1.1　底盘测功试验台的结构与工作原理

底盘测功试验台是汽车底盘综合性能检测设备，其基本功能如下。

（1）测试汽车驱动轮输出功率或驱动力。

（2）测试汽车的加速能力。

（3）测试汽车的滑行能力和传动系统的传动效率。

（4）检测校验车速表。

如果在底盘测功试验台的基础上再辅以油耗计、废气分析仪等设备，还可以对汽车的燃油经济性和废气排放性能进行检测。

1. 底盘测功试验台的结构

底盘测功试验台一般由框架、滚筒装置、举升装置、加载装置、测量装置、控制与指示装置和辅助装置等构成。其机械部分的结构如图 4.1 所示。

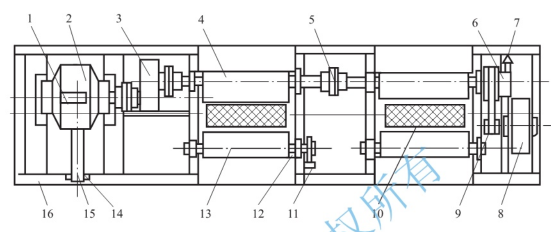
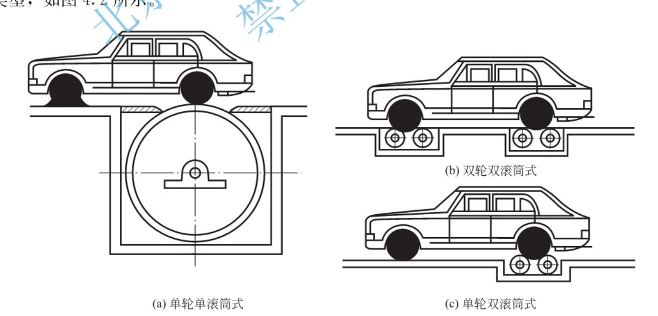


图 4.1　底盘测功试验台机械部分结构示意图

1—冷却液入口；2—电涡流测功器；3—变速器；4—主滚筒；5—联轴器；6—离合器；7—电刷；8—飞轮；9—传动带轮；10—举升装置；11—速度传感器；12—轴承座；13—副滚筒；14—压力传感器；15—测力杠杆；16—框架

(1) 框架。框架是底盘测功试验台的基础，一般用型钢组焊而成，坐落在地坑内，用于安装滚筒装置、举升装置、加载装置、测量装置和一些辅助装置等。

(2) 滚筒装置。测功试验时，汽车驱动轮在滚筒上滚动，从而带动滚筒旋转。滚筒装置的作用相当于能够连续移动的路面。底盘测功试验台的滚筒装置有单滚筒和双滚筒两种类型，如图 4.2 所示。



(a) 单轮单滚筒式　(b) 双轮双滚筒式　(c) 单轮双滚筒式

图 4.2　滚筒装置的单滚筒和双滚筒类型

支承汽车两边驱动车轮的滚筒各为单个的试验台，称为单滚筒试验台。单滚筒试验台的滚筒直径一般较大，多在 1500～2500mm 之间。滚筒直径越大，车轮在滚筒上就越像在

平路上滚动，使轮胎与滚筒之间的滑转率小，滚动阻力小，测试精度高；但大滚筒试验台的制造成本高，占地面积大，同时对车轮在滚筒上的安放定位要求严格，故使用不太方便。单滚筒试验台一般用于科研单位、大专院校和汽车制造部门，较少用于汽车维修企业和汽车综合性能检测站等检测诊断部门。

支承汽车两边驱动车轮的滚筒各为两个的试验台，称为双滚筒试验台。双滚筒试验台的滚筒直径要比单滚筒小得多，一般在 185～400mm 之间。滚筒直径往往随试验台的最大试验车速而定，当最大试验车速高时，直径应大一些。最大试验车速达 160km/h 时，滚筒直径不应小于 300mm；试验车速达 200km/h 时，滚筒直径不应小于 350mm。滚筒直径相对比较小时，滚筒表面曲率大，轮胎与滚筒表面的接触面积较在平路上行驶时小得多，接触面间的比压和变形大，滑转率大，从而使滚动阻力增大，滚动损失增加，测试精度降低；在较高试验车速下，轮胎的滚动损失常常达到所传递功率的 15%～20%。另外，当滚筒直径太小时，长时间在较高试验车速下运转会使轮胎温度升高，致使轮胎胎面达到临界温度而可能导致早期损坏。为此，滚筒直径不易太小。近年来生产的底盘测功试验台，其滚筒直径一般为 400～600mm。由于双滚筒试验台具有车轮在滚筒上安放、定位方便和制造成本低等优点，因而在汽车维修企业和汽车综合性能检测站等检测诊断部门得到广泛应用。

单滚筒试验台的滚筒多采用硬质木料或钢板制成，双滚筒试验台的滚筒多采用钢质材料制成，均采用空心结构，并经过严格的动平衡试验。滚筒通过滚动轴承安装在框架上，可以高速旋转但不能振动。

滚筒按其表面形状不同，又有光滑式、滚花式、沟槽式和涂覆层式等多种形式。目前，光滑式滚筒和涂覆层式滚筒应用最多，滚花式和沟槽式应用较少。光滑式滚筒表面的摩擦因数较低，而涂覆层式滚筒是在光滑式滚筒的表面上涂覆摩擦因数与道路实际情况接近一致的材料制成的，是比较理想的一种形式。

双滚筒式底盘测功试验台还有主、副滚筒之分，与测功器相连的滚筒为主滚筒，左右两个主滚筒之间装有联轴器，左右两边的副滚筒则处于自由状态。

(3) 加载装置。加载装置俗称测功器，用来吸收和测量驱动轮上的输出功率，同时也可模拟车辆在道路上行驶时所受的各种阻力，使车辆在检测时的受力情况如同在实际道路上行驶一样。

底盘测功试验台常用的测功器有水力测功器、电力测功器和电涡流测功器 3 种。不论哪种测功器，它们都是由转子和定子两大部分组成的，并且转子与主滚筒相连，而定子则可以绕其轴线摆动。其中电涡流测功器具有测量精度高、振动小、结构简单和易于调控等优点，并具有宽广的转速范围和功率范围。目前底盘测功试验台的加载装置大多采用电涡流测功器。

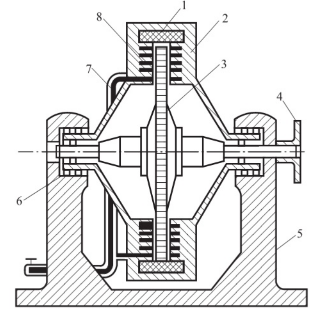


图 4.3　水冷式电涡流测功器的结构示意图

1—励磁线圈；2—定子；3—转子；4—联轴器；5—底座；6—轴承；7—冷却水管；8—冷却室水沟

图 4.3 所示为水冷式电涡流测功器的结构示意图，它主要由转子和带有励磁线圈及涡流环的浮动定子构成，转子与滚筒相连，定子可绕其

轴线摆动。

电涡流测功器的定子内部沿圆周有励磁线圈和涡流环，转子的外圆上有均匀分布的齿与槽，齿顶与涡流环间留有一定的空气隙，转子在励磁线圈和涡流环内转动。

（4）测量装置。测量装置主要包括测力装置、测速装置和测距装置。

① 测力装置。测力装置可用来测量驱动轮上的驱动力，它由测力杠杆和测力传感器组成。测功时，测功器转子与定子之间的制动转矩通过与定子外壳相连的测力杠杆传给测力传感器，然后由指示装置显示出来。指示装置的显示值，即为驱动车轮的驱动力。

测力装置有液压式、机械式和电测式 3 种形式，目前应用较多的是电测式。电测式测力装置一般在测力杠杆的外端安装测力传感器，将测力杠杆传来的力变成电信号，经处理后再送至指示装置显示出来。

② 测速装置。测速装置用来测量试验车速，它一般由测速传感器、中间处理装置和指示装置组成。常见的测速传感器有光电式、磁电式、霍尔传感器式及测速发电机等多种形式。测速传感器的转子一般安装在副滚筒的一端，随滚筒一起转动。测试时，传感器将滚筒的转速信号转变为电信号，该信号经放大后送入处理装置，换算为车速(km/h)并在指示装置上显示出来。

底盘测功试验台在进行测功、加速、等速、滑行和燃油经济性等试验时，都需要准确地测出试验车速。

③ 测距装置。一般采用光电盘脉冲计数式测距装置。当汽车在底盘测功试验台上进行加速距离、滑行距离、燃油经济性检测时，必须使用测距装置。

（5）控制与指示装置。底盘测功试验台的控制装置和指示装置往往制成一体，构成控制柜，安置在底盘测功试验台机械部分左前方易于操作和观察的地方。如果测力装置为电测式，指示装置能直接指示驱动车轮的输出功率。特别是微机控制的底盘测功试验台，测力杠杆下方的测力传感器输出的电信号送入微机处理后，可在指示装置上直接显示 kW 数。测力装置为机械式时，指示装置仅能显示驱动车轮的驱动力，驱动轮输出功率需根据所测出的驱动力和实验车速换算才能得到。

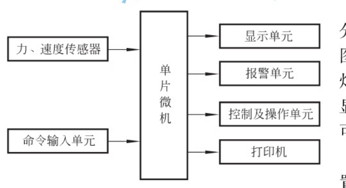


图4.4　底盘测功试验台电测控制部分的原理框图

图 4.4 所示为底盘测功试验台电测控制部分的原理框图，如图 4.5 所示为控制柜面板图，控制柜上的按键、显示窗、旋钮、功能灯、报警灯、指示灯等，用来控制试验过程，显示试验结果。带有打印机的底盘测功机，还可打印出所测数据或曲线。

（6）辅助装置。底盘测功试验台的辅助装置包括举升装置、飞轮装置、纵向约束装置和冷风装置等。

① 举升装置。为方便被测车辆驶入和驶出底盘测功试验台，在主、副两滚筒中间设有举升装置。举升装置由举升器和举升平台组成。举升器有气动、液动和电动 3 种形式，以气动式举升装置为多见。

② 飞轮装置。有的滚筒式底盘测功试验台上还装有飞轮装置。飞轮由滚动轴承支承在底盘测功试验台的框架上，通过离合器与主滚筒相连。带有飞轮的底盘测功试验台称为惯性式底盘测功试验台，能模拟汽车的旋转惯量，进行加速性能和滑行性能等试验。飞轮

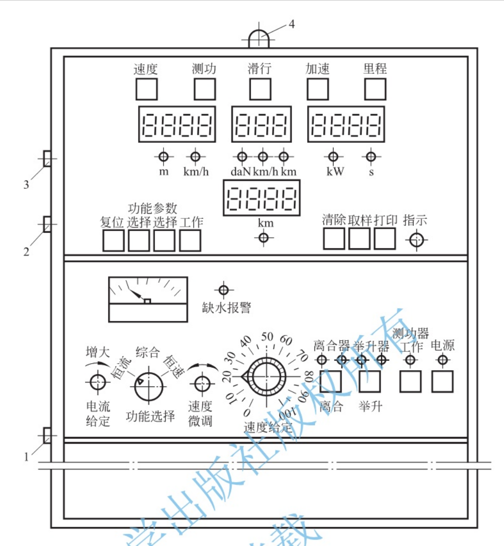


图 4.5　控制柜面板图

1—打印机电源线插座；2—打印机数据线插座；3—取样盒插座；4—报警灯

的质量一般按照被测汽车的质量选取。

③ 纵向约束装置。汽车在滚筒式底盘测功试验台上试验时，为防止汽车发生位移，应设置必要的纵向约束装置。双滚筒试验台一般不设置纵向约束装置，必要时在从动车轮前后加装三角木就可以保证试验顺利进行。对于单滚筒试验台，由于要保证驱动车轮在滚筒上运转时能稳定地置于准确位置，只有三角木是绝对不够的，还必须在汽车前后设置能拉紧汽车的钢质索链。三角木和钢质索链均称为纵向约束装置。

④ 冷风装置。汽车在滚筒式底盘测功试验台上模拟道路行驶时，虽然驱动车轮在滚筒上滚动，但汽车并不发生位移，由于缺少迎面风，因而致使发动机冷却系统的散热强度相对不足。特别是当长时间处于大负荷、全负荷试验工况时，发动机易过热，必须在汽车前面面对散热器设置移动式冷风机，以加强冷却。另外，长时间试验也提高了轮胎胎面的工作温度，为延长轮胎的使用寿命，在驱动桥两个侧面，对着驱动轮处也应设置移动式冷风机，以加强轮胎散热。

2. 底盘测功试验台的工作原理

以下介绍底盘测功试验台的工作原理。

1）汽车驱动轮输出功率测试原理

测功试验时，汽车驱动轮置于滚筒上，驱动滚筒旋转并经滚筒带动测功器的转子旋

转。当定子上的励磁线圈没有电流通过时，转子不受制动力矩作用；当励磁线圈通以直流电时，在其周围形成磁场，磁场产生的磁力线通过转子、空气隙、涡流环和定子构成闭合磁路。由于转子外圆上的齿与槽是均布的，因而转子周围的空气隙也大小相间地均布，通过的磁力线也疏密相间。当转子旋转时，这些疏密相间的磁力线也同步旋转。由于通过涡流环上任一点的磁力线是呈周期性变化的，于是便在涡流环的任一点上感生了涡电流。该涡电流与产生它的磁场相互作用而产生了对转子的制动力矩，因而测功器吸收了驱动车轮的输出功率，同时也对滚筒加载。测出该转矩和转子转速，便可得到由滚筒传递给测功器转子的驱动功率，转子转速由测速装置给出。

制动力矩的测量由安装在定子上的测力杠杆和其端部下方安装的压力传感器共同完成。由于作用力与反作用力总是成对出现的，在定子对转子施加制动力矩的同时，定子也受到与制动力矩大小相同但方向相反的力矩的作用，力图使可绕其主轴摆动的定子顺着转子的旋转方向摆动。在测功器定子上安装一定长度的测力杠杆，并在其端部下方安装压力传感器，压力传感器便会受压力作用而产生与此成正比的电信号。显然，该压力与杠杆长度(压力传感器至测功器主轴的距离)之积便是定子(或转子)所受力矩的数值。在滚筒稳定旋转时，该力矩与驱动轮对滚筒的驱动力矩相等。据此，可求出车轮作用在滚筒(其半径为已知常数)上的驱动力的大小。

显然，只要改变励磁电流，就可以方便地控制测功器产生的制动力矩，从而能比较容易、经济地实现对测功器的控制。

测功器在工作中吸收的功率转化为热量，从而涡流环的温度较高，需采用风冷或水冷的方式将热量散到大气中去。

由压力传感器和测速传感器传来的电信号输入到控制装置，经计算机处理后在指示装置上显示出功率(kW)、驱动力(kN)和车速(km/h)的数值。显然三者间具有如下关系。

$$P_k=\frac{F\cdot v}{3600} \tag{4-1}$$

式中，P_k——驱动轮输出功率(kW)；

F——驱动轮驱动力(N)；

v——试验车速(km/h)。

在底盘测功试验台上测得的驱动轮输出功率取决于发动机输出功率、传动系统传动效率、滚动阻力损失功率和试验台传动效率等因素。由于受滚筒表面曲率的影响，驱动轮在底盘测功试验台滚筒上的滚动阻力比在良好路面上行驶时的滚动阻力大，由滚动阻力所消耗的功率可达所传递功率的15%～20%；在传动系统技术状况良好的情况下，汽车传动系统的功率损失约占发动机输出功率的10%～20%，其具体数值取决于传动系统的类型。资料表明：检测在用汽车的驱动轮输出功率时，轿车若能达到发动机输出功率的70%，载货汽车和客车若能达到其发动机输出功率的60%(双级主传动器)、65%(单级主传动器)，即可说明传动系统技术状况良好。底盘测功机驱动轮功率检测标准，可根据在用汽车发动机功率检测标准(不低于原额定功率的75%)、传动系统效率和滚动阻力损失功率的试验结果合理确定。

2）汽车加速能力和滑行能力的测试原理

底盘测功试验台对汽车加速能力(加速时间)和滑行距离的测试精度，首先取决于飞轮

装置、滚筒装置及其他旋转部件的旋转动能是否与道路试验时汽车在相应车速下的动能相一致。

道路试验时，车速 v(m/s)与汽车动能 A(J)的关系为

$$A=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}(J_k+J_r)\omega^2+A_0 \tag{4-2}$$

式中，m——汽车质量(kg)；

ω——车轮角速度(rad/s)；

J_k、J_r——前、后车轮转动惯量(kg·m²)；

A_0——汽车传动系统旋转动能(J)。

汽车在底盘测功试验台上试验时，在同一车速下，汽车及滚筒、飞轮装置和其他主要旋转部件所具有的动能 A'为

$$A'=\frac{1}{2}J_f\omega_f^2+\frac{1}{2}J_0\omega_0^2+\frac{1}{2}J_h\omega_h^2+\frac{1}{2}J_r\omega^2+A_0 \tag{4-3}$$

式中，J_f、ω_f——飞轮转动惯量(kg·m²)、飞轮角速度(rad/s)；

J_0、ω_0——滚筒转动惯量(kg·m²)、滚筒角速度(rad/s)；

J_h、ω_h——测功器转子转动惯量(kg·m²)、转子角速度(rad/s)。

令 $A=A'$、$\frac{\omega_0}{\omega}=\frac{r}{r_0}=K_0$、$\frac{\omega_f}{\omega_0}=K_f$、$\frac{\omega_h}{\omega_0}=K_h$，且注意到 $v=r\cdot\omega$，则飞轮装置的转动惯量应满足下式。

$$J_f=\frac{mr^2+J_k-J_0\cdot K_0^2-J_h\cdot K_h^2\cdot K_0^2}{K_f^2\cdot K_0^2} \tag{4-4}$$

式中，r、r_0——车轮滚动半径、滚筒半径(m)；

K_0——滚筒与车轮的转速比；

K_f——飞轮与滚筒的转速比；

K_h——测功器转子与滚筒的转速比。

汽车在底盘测功试验台上试验时，驱动轮驱动滚筒旋转，但整车处于静止状态。这样，要测试汽车在一定速度区间内的加速时间，必须以具有相应转动惯量的飞轮装置模拟汽车行驶时的动能。汽车在滚筒上加速时，滚筒及飞轮装置转速的提高使滚筒及飞轮装置的旋转动能相应增加，从而消耗驱动轮输出功率，表现为汽车的加速阻力。滚筒圆周速度从某一值上升到另一值的时间与汽车路试时在相应速度区间内的加速时间相对应。加速时间的长短则反映其加速能力的大小。

汽车以某一车速在滚筒上进行滑行试验时，汽车驱动轮首先带动滚筒装置、飞轮装置以相应转速旋转，此时滚筒装置和飞轮装置具有的动能与汽车道路试验时具有的动能相等。摘挡滑行后，储存在滚筒装置、飞轮装置的动能释放出来驱动汽车驱动轮和传动系统旋转，滚筒继续转过的圆周长度与汽车路试时的滑行距离相对应。滑行距离长短可反映汽车传动系统传动阻力的大小，据此可判断汽车传动系统的技术状况。

为了检验汽车大修竣工出厂后的质量，GB/T 15746.1—1995《汽车修理质量检查评定标准　整车大修》规定：汽车空载以初速度 30km/h 空挡滑行时，其滑行距离应满足表 4-1中的要求。

表 4-1　汽车的滑行距离

汽车整备质量/t	滑行距离/m	试验方法
≤4	≥160f	路试 用五轮仪按 GB/T 12536—1990 中的规定测量
>4～5	≥180f	
>5～8	≥220f	
>8～11	≥250f	
>11	≥270f	

注：双轴驱动车辆，取 $f=0.8$；单轴驱动车辆，取 $f=1.0$。

汽车在底盘测功试验台滚筒上进行滑行试验时，滚动阻力与道路试验时的滚动阻力有一定差别，应参照道路试验时对滑行距离的有关规定，通过对比试验确定其滑行距离的测试标准。由于同样的原因，汽车在底盘测功试验台滚筒上进行加速能力试验时，其加速时间诊断标准，也应通过把动力性良好的汽车在道路试验时的加速时间与在底盘测功试验台上测得的加速时间进行对比试验，合理确定。

3）传动系统传动效率检测

把汽车驱动轮输出功率与发动机输出的有效功率进行比较，按下式可求出传动系统的传动效率。

$$\eta=\frac{P_k}{P_e} \tag{4-5}$$

式中，P_k——驱动轮输出功率；

P_e——发动机有效功率。

汽车传动系统的机械传动效率正常值见表 4-2。需说明的是，在底盘测功试验台上试验时，车轮在滚筒上的滚动损失功率可达所传递功率的 15%～20%，所测驱动轮功率仅占发动机输出功率的 60%～70%(一般小轿车 70%，装用双级主减速器和单级主减速器的载货汽车及客车分别为 60%和 65%)。当传动效率 η 过低时，说明消耗于离合器、变速器、分动器、万向传动装置、主减速器、差速器和轮毂轴承处的功率增加，汽车传动系统技术状况不良。

表 4-2　汽车传动系统的机械传动效率

汽车类型		传动效率 η
小轿车		0.90～0.92
载货汽车和大客车	单级主减速器	0.90
	双级主减速器	0.84
4×4 越野汽车		0.85
6×4 越野汽车		0.80

汽车传动系统损耗的功率主要集中在各运动件的摩擦损耗和搅油损耗上。为此，通过正确的调整和合理的润滑，机械传动效率会得到提高。值得提出的是，新车和大修车的机械传动效率并不是最高，只有传动系统完全走合后，由于配合情况变好，摩擦力减小，才使得机械传动效率达到最高。此后，随着车辆继续使用，由于磨损逐渐增大，配合情况逐

渐恶化，造成摩擦损失不断增加，机械传动效率也就随之降低。所以，定期对车辆底盘测功，计算机械传动效率，能为评价底盘传动系统技术状况提供重要依据。

利用底盘测功试验台反拖可测得传动系统所消耗的功率。在惯性式底盘测功试验台或带有储能飞轮可模拟汽车在相应车速下行驶动能的底盘测功试验台上，若在测得汽车驱动车轮的输出功率后，立即踩下离合器踏板，储存在飞轮系统中的汽车行驶动能会反过来拖动汽车驱动轮和传动系统运转，运转阻力作用于滚筒，因此底盘测功试验台可测得反拖驱动轮和传动系统消耗的功率。如果将同一车速下驱动轮输出功率与反拖驱动轮和传动系统所消耗的功率相加，可求得该车速所对应的发动机转速下发动机的输出功率，根据发动机输出功率和汽车驱动轮输出功率可得到传动系统的机械效率。

4）车速表检测

进行车速表检测时，汽车驱动轮置于滚筒上，并以某一预定车速(40km/h)行驶，当底盘测功试验台测速装置所显示的车速达到该车速时，检查车速表指示值。由于汽车底盘测功试验台具有车速检测功能，所以在装备有底盘测功试验台的汽车检测站，一般不再配备车速表试验台。

5）其他项目的检测

除以上检测诊断项目外，利用底盘测功试验台的滚筒装置作为活动路面，以测功器的制动力矩模拟汽车的行驶阻力，则凡是汽车在运行中进行的检测和诊断项目，在配备所需仪器设备后均可在底盘测功试验台上进行。如采用油耗计测试汽车在各种工况下的使用油耗；采用废气分析仪测试汽车在各种工况下的废气成分和烟度；采用发动机综合测试仪测试发动机点火提前角或供油提前角，观测发动机点火波形或柴油机供油波形；利用异响诊断分析仪诊断各总成或系统的异响；检测各总成工作温度和电气设备工作情况等。

4.1.2　底盘测功试验台的使用方法

型号不同的底盘测功试验台，其使用方法也有区别，使用时要详细阅读设备的使用说明书。下面介绍的是一般的操作方法。

1. 试验条件和准备工作

以下介绍试验条件和准备工作。

(1) 环境状态。

① 环境温度：0～40℃。

② 环境湿度：<85%。

③ 大气压力：80～110kPa。

(2) 车辆准备。

① 汽车开上底盘测功试验台以前，必须通过路试运行至正常工作温度。

② 调整发动机供油系统、点火系统至最佳工作状态。

③ 检查传动系统、车轮的连接情况并紧固。

④ 清洁轮胎，检查轮胎气压是否符合规定。

(3) 底盘测功机的准备。

① 对于水冷测功机，先将冷却水阀打开。

② 接通电源，根据被测车型选择测试功率的挡位。

③ 将冷却风扇置于被测汽车前方和左右驱动车轮的附近，对发动机和左右驱动车轮吹风，防止发动机和左右驱动车轮过热。

④ 用被检车辆带动底盘测功试验台滚筒运转，使试验台预热至正常热状态。

2. 确定测功项目

对汽车进行底盘测功前，首先应根据测试目的或车主要求，确定测功项目。一般有以下几项。

(1) 发动机额定功率下，驱动车轮的输出功率或驱动力。

(2) 发动机最大转矩转速下，驱动车轮的输出功率或驱动力。

(3) 发动机全负荷选定车速下，驱动车轮的输出功率或驱动力。

(4) 发动机部分负荷选定车速下，驱动车轮的输出功率或驱动力。

3. 测功方法

车辆准备好后，开到底盘测功试验台上。试验台如系单轮双滚筒式，则应将被测车辆的驱动轮置于两滚筒之间，放下举升器平板，并视需要用三角木对车辆从动轮进行纵向约束。

(1) 检测发动机额定功率和最大转矩转速下驱动车轮的输出功率或驱动力时，将变速器挂入选定挡位，松开驻车制动，踩下加速踏板，同时调节测功器制动力矩对滚筒加载，使发动机在节气门全开的情况下以额定转速运转，待发动机在额定转速下稳定运转后，读取并打印驱动车轮的输出功率(或驱动力)值、试验车速值。在节气门全开的情况下继续对滚筒加载至发动机转速降至最大转矩转速稳定运转时，读取并打印驱动车轮的输出功率(或驱动力)值、试验车速值。

(2) 如需测出驱动车轮在变速器不同挡位下的输出功率或驱动力，则要依次挂入每一挡位按上述方法进行检测。

(3) 当发动机发出额定功率，挂直接挡，可测得驱动车轮的额定输出功率。

(4) 当发动机发出最大转矩，挂1挡，可测得驱动车轮的最大驱动力。

(5) 发动机全负荷选定车速下驱动车轮输出功率或驱动力的检测，是在踩下加速踏板的同时调节测功器制动力矩对滚筒加载，使发动机在节气门全开情况下以选定的试验车速稳定运转进行的。发动机部分负荷选定车速下驱动车轮输出功率或驱动力的检测与此相同，只不过发动机是在选定的部分负荷下工作的。

以上各测功项目的检测，均应重复测试3次，然后取平均值。

4. 注意事项

注意事项有如下3点。

(1) 走合期的新车或大修车不宜进行底盘测功。

(2) 测功时，应注意各种异响和发动机水温及轮胎表面温度。

(3) 被测汽车前严禁站人，以确保安全。

4.2　传动系统检测与故障诊断

传动系统是汽车底盘的主要组成部分，一般由离合器、变速器、传动轴及万向节、主

减速器、差速器和半轴等构成，其作用是把发动机输出的动力传递给驱动轮。

传动系统技术状况不良将使汽车的动力性和燃油经济性变差并引起异响；起步能力变坏和超车能力不足易于造成安全行车隐患；离合器、变速器等主要部件性能不良对汽车的操纵方便性也有很大影响。

根据 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》，汽车传动系统应满足如下要求。

1）离合器

(1) 机动车的离合器应接合平稳，分离彻底，工作时不允许有异响、抖动或不正常打滑等现象。

(2) 踏板自由行程应符合整车技术条件的有关规定。

(3) 离合器彻底分离时，踏板力不应大于 300N(拖拉机运输机组不应大于 350N)，手握力不应大于 200N。

2）变速器和分动器

(1) 换挡时齿轮应啮合灵便，互锁、自锁和倒挡锁装置应有效，不允许有乱挡和自行跳挡现象；运行中应无异响；换挡杆及其传动杆件不应与其他部件干涉。

(2) 在换挡杆上应有驾驶员在驾驶座位上，可容易识别变速器和分动器挡位位置的标志。若换挡杆上难以布置，则应布置在换挡杆附近易见部位。

(3) 有分动器的机动车，应在挡位位置标牌或产品使用说明书上说明连通分动器的操作步骤。

(4) 如果电动汽车是通过改变电机旋转方向来实现倒车行驶的，且前进和倒车两个行驶方向的转换仅通过驾驶员的一个操作动作来完成，应通过设计保证只有在车辆静止或低速时才能够实现转换。

3）传动轴

传动轴在运转时不允许发生振抖和异响，中间轴承和万向节不允许有裂纹和松旷现象。发动机前置后驱动的客车的传动轴在车厢地板的下面沿纵向布置时，应有防止传动轴滑动连接(花键或其他类似装置)脱落或断裂等故障而引起危险的防护装置。

4）驱动桥

驱动桥壳、桥管不允许有变形和裂纹，驱动桥工作应正常且不允许有异响。

传动系统技术状况检测有经验检测法和仪器检测法两类。经验检测法是从上述规定和所测车型的有关技术数据出发，通过观察和实际操作，按一定步骤凭经验检测传动系统技术状况，如离合器踏板自由行程，变速器漏油、异响、跳挡、乱挡等。某些检测项目也可采用仪器检测。

4.2.1　传动系统功率损失和传动效率的检测

汽车传动系统的功率损失可在具有储能飞轮的底盘测功试验台上或惯性式底盘测功试验台上对传动系统进行反拖试验而测得；根据所测得的驱动轮输出功率和传动系统功率损失，可换算出汽车传动系统的传动效率。

在具有储能飞轮的底盘测功试验台的滚筒上进行滑行试验，可测得汽车的滑行距离，可反映汽车传动系统传动阻力的大小。

利用底盘测功试验台测试汽车传动系统功率损失、滑行距离的方法见本章 4.1 节。

传动功率损失、传动效率和滑行距离可反映汽车传动系统的综合技术状况，但不能评

价传动系统各组成部分的技术状况。

4.2.2　离合器滑转检测

离合器滑转(俗称打滑)使发动机动力不能有效地传递至驱动轮，汽车动力性下降，摩擦片磨损严重，汽车起步困难，同时也影响汽车的正常行驶；加速时，车速不能随发动机转速的提高而迅速上升；负载上坡传递大转矩时，打滑更为明显，严重时会烧损摩擦片。

使用离合器频闪测定仪可对离合器打滑进行检测。

1. 离合器打滑测定仪的结构与工作原理

离合器打滑频闪测定仪主要由透镜、闪光灯、电阻器、电容器、传感器和电源等组成，如图 4.6 所示，电源可采用汽车蓄电池。

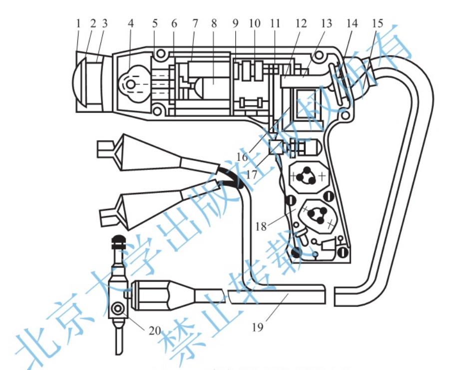


图 4.6　离合器打滑频闪测定仪

1—卡环；2—透镜；3—框架；4—闪光灯；5—护板；
6、9、11、12、18—隔板；7—电阻器；8、10—电容器；13—二极管；
14—支持器；15—套座；16—变压器；17—开关；19—导线；20—传感器

离合器打滑测定仪的基本工作原理是频闪原理，即：如果在精确的确定时刻，相对转动零件的转角照射一束短暂(约 1/5000s)的频率与转动零件的旋转频率相同的光脉冲时，由于人们的视觉暂留现象，似乎觉着零件静止不动。

该仪器由发动机火花塞的高压电极输入电脉冲信号，火花塞每跳火一次，闪光灯就亮一次，闪光频率与发动机转速成正比，离合器不打滑时，传动轴上设定点会与闪亮点同步动作，传动轴似乎处于不转动状态；否则，轴上设定点转速会滞后于闪亮点动作，这说明离合器存在打滑现象。

2. 离合器打滑测定仪的使用方法

离合器打滑的检测可以在底盘测功试验台或车速表试验台上进行，无试验台时可支起驱动轮进行。

检测时，在传动轴上作一标记点，变速器应挂入直接挡并踩下加速踏板，使车轮原地运转，必要时可给试验台滚筒增加负荷或使用行车制动器，以增加驱动轮和传动系统的负荷。将闪光灯发出的光亮点投射到传动轴上的标记点。若离合器不打滑，传动轴上标记点与光亮点同步，使人感到传动轴并不旋转；若离合器打滑，则传动轴上标记点与光亮点不同步，传动轴转速比发动机转速低，光脉冲每次照射点均位于上次照射点的前部，使人感觉传动轴慢慢向相反方向转动，显然其转动的快慢即可反映离合器打滑的严重程度。

由于基本测试原理相同，因此发动机点火正时灯也可用于离合器打滑的检测。

4.2.3　传动系统游动角度检测

在汽车使用过程中，传动系统因传递动力，且配合表面或相啮合零件间有相对滑移而产生磨损，从而使间隙增大，如：变速器、主减速器、差速器中的齿轮啮合间隙，传动轴、半轴的花键连接间隙，十字轴轴颈与滚针轴承间的间隙以及滚针轴承与万向节间的间隙等。这些间隙都可使相关零件间产生相对角位移或角间隙，其角间隙之和构成传动系统的总游动角度。

研究表明，传动系统各总成和机件的磨损与其间隙存在密切关系，传动系统的总游动角度随汽车行驶里程近似呈线性增加。总游动角度可作为诊断参数评价传动系统的技术状况。而且，由于游动角度可分段检测，所以，还可用游动角度对传动系统有关总成或机件的技术状况进行检测。

传动系统游动角度检测所用的仪器有指针式游动角度检测仪和数字式游动角度检测仪两种。检测传动系统游动角度应在热车熄火的情况下进行。

1. 指针式游动角度检测仪及检测方法

检测仪由指针、刻度盘等组成。在测量过程中，指针固定在驱动桥主动轴上，刻度盘固定在主减速器壳上，如图 4.7(a)所示。测量扳手的一端带有 U 形卡嘴，以便卡在十字万向节上，为了适应多种车型，卡嘴上带有可更换的钳口，测量扳手的另一端有指针和刻度盘，以指示转动扳手时的转矩值，如图 4.7(b)所示。

传动系统游动角度的检测可分段进行。

(1) 驱动桥游动角度检测。驱动桥游动角度包括主减速器、差速器和半轴花键处的游动角度。测试时，变速器挂空挡，松开驻车制动器，驱动轮处于制动状态，测量扳手卡在驱动桥主动轴的万向节上，使其从一个极限位置转至另一个极限位置，从刻度盘上读取游动角度。

(2) 万向传动装置游动角度检测。万向传动装置游动角度的检测与驱动桥游动角度的检测方法基本相同，只是将测量扳手卡在变速器后端万向节主动叉处，左、右转至极限位置，可测出万向传动装置和驱动桥游动角度之和，减去驱动桥游动角度后即可得万向传动装置的游动角度。

(3) 离合器和变速器各挡位游动角度检测。放松制动器，离合器处于接合状态，视情况可支起一侧的驱动轮，测量扳手仍作用于变速器后端万向节主动叉上，依次刮入各挡即可测得不同挡位下从离合器至变速器输出轴的游动角度。

以上 3 段游动角度之和即为传动系统的游动角度。

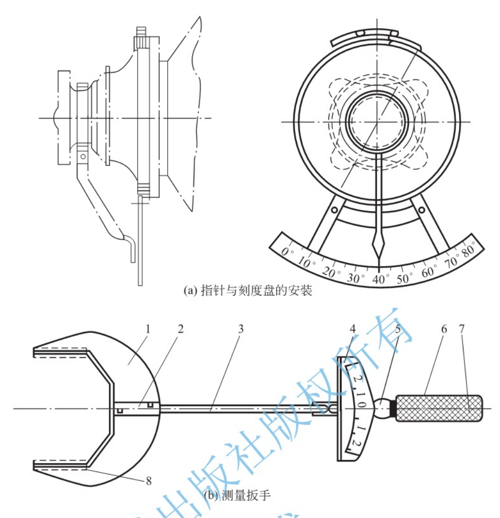
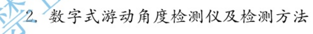


图 4.7　指针式游动角度检测仪

1—卡嘴；2—指针座；3—指针；4—刻度盘；5—手柄；
6—手柄套筒；7—定位销；8—可换钳口



2. 数字式游动角度检测仪及检测方法

数字式游动角度检测仪由倾角传感器和测量仪组成，二者用导线相连。

倾角传感器的作用是将传感器感受到的倾角变化转变为线圈电感量的变化，从而改变检测仪电路的振荡频率。传感器实际上是一个倾角—频率转换器。传感器外壳是一个上部带有V形缺口，并配有带卡扣尼龙带的长方形壳体，可固定在传动轴上，可随传动轴摆动；传感器内部结构是一个中心插有弧形磁棒的线圈，如图4.8所示。弧形磁棒由摆杆和心轴支承在外壳中夹板的两盘轴承上。在重力作用下，摆杆始终偏离重力方向某一固定角度 α_0。弧形线圈则固定在外壳中的夹板上，当外壳随传动轴摆动时，线圈也随之摆动，线圈与磁棒的相互位置发生变化，从而改变了线圈电感量。电感变化量则反映了传动轴的转动量。当电感量可变化的线圈作为检测仪振荡电路中的一个元件时，传动轴的转动所引起线圈电感量的变化就改变

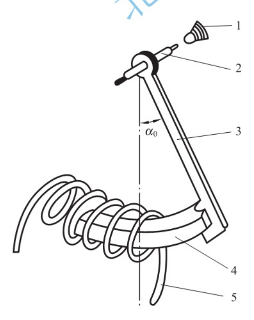


图 4.8　倾角传感器结构示意图

1—轴承；2—心轴；3—摆杆；
4—弧形磁棒；5—弧形线圈

了电路的振荡频率。

测量仪实际上是一台专用的数字式频率计，采用与传感器特性相应的门时并可初始置数，通过标定可直接显示出倾角的大小。测量仪采用 PMOS 数字集成电路，由传感器输出的振荡信号经计数门进入主计数器，在置成的补数基础上累计脉冲数。计数结束后，在锁存器接收脉冲作用下，将主计数器的结果送入寄存器，并由荧光数码管将结果显示出来。使用时，将游动范围内两个极端位置的倾角相减，其差值即为游动角度。

在进行传动系统游动角度检测时，先将倾角传感器固定于传动轴上，用电缆把测量仪和传感器连接好并接好电源；然后按使用说明书的要求对仪器进行自校，再将转换开关拨到“测量”位子上。

利用数字式游动角度检测仪检测传动系统游动角度时，也必须逐段检测。

(1) 万向传动装置游动角度检测。将传动轴置于驱动桥游动范围的中间位置或将驱动桥支起，拉紧驻车制动器，左、右转动传动轴至极限位置，测量仪显示出两个极限位置时传感器的倾斜角度，两角度之差即为万向传动装置的游动角度。显然该角度不包括传动轴与驱动桥之间的万向节的游动角度。

(2) 离合器和变速器各挡位游动角度检测。放松驻车制动器，变速器挂入选定挡位，离合器处于接合状态，将传动轴置于驱动桥游动范围的中间位置或将驱动桥支起，左、右转动传动轴至极限位置，测量仪显示出两个极限位置时传感器的倾斜角度，两角度之差值再减去万向传动装置的游动角度，即为离合器与变速器在该挡位下的游动角度。按同样方法，依次挂入各挡，便可测得离合器与变速器在各挡位下的游动角度。

(3) 驱动桥游动角度检测。踩下制动踏板将驱动轮制动，变速器置于空挡位置，松开驻车制动器。左、右转动传动轴至极限位置，测量仪显示出两个极限位置时传感器的倾斜角度，两角度之差即为驱动桥的游动角度。该角度包括传动轴与驱动桥之间万向节的游动角度。

对于多桥驱动的汽车，分别将传感器固定在变速器与分动器之间的传动轴、前桥传动轴、中桥传动轴和后桥传动轴上，可以检测每段传动轴的游动角度。

在测量仪上读取数值时应注意，显示的角度值在 0°～30°内有效，出现大于 30°的情况，可将固定在传动轴上的传感器适当转过一定角度。若其中一极限位置为 0°，另一极限位置超过 30°，说明该段游动角度已大于 30°，超出了仪器的测量范围。

3. 诊断参数标准

目前，我国尚无游动角度的诊断参数标准，根据国外资料，中型载货汽车传动系统游动角度及各分段游动角度应不大于表 4-3 所列数据(仅供诊断时参考)。

表 4-3　游动角度参考数据

部　　位	游动角度/(°)	部　　位	游动角度/(°)
离合器与变速器	≤5～15	驱动桥	≤55～65
万向传动装置	≤5～6	传动系	≤65～86

4.2.4 传动系统常见故障及诊断

1. 离合器常见故障及诊断

离合器的技术状况会随汽车行驶里程的增加而逐渐变差，常见的故障有离合器打滑、

分离不彻底、抖动和异响等。

1）离合器打滑

以下对离合器打滑的故障进行分析。

(1) 故障现象。离合器打滑是指离合器接合传力时，从动盘摩擦片在压盘与飞轮之间滑转的现象。离合器打滑的故障现象主要表现为以下几点。

① 汽车起步困难。

② 汽车加速行驶时，车速不能随发动机转速的升高而升高，感到行驶无力。

③ 汽车满载上坡行驶时深感动力不足。

④ 汽车行驶过程中伴随有离合器发热、产生糊味或冒烟等现象。

⑤ 在拉紧驻车制动器的情况下，汽车低挡起步时发动机不熄火。

(2) 故障原因。离合器打滑的根本原因是压盘不能牢固地压在从动盘摩擦片上，或摩擦片与压盘及飞轮之间的摩擦系数减小，造成离合器摩擦力矩不足。其具体原因如下。

① 离合器操纵系统调整不当，导致离合器踏板自由行程太小。

② 从动盘摩擦片磨损逾限或压盘、飞轮的工作面磨损过甚，导致分离轴承压在分离杠杆上，使离合器踏板无自由行程。

③ 从动盘摩擦片油污、烧损、表面硬化或铆钉外露，使离合器摩擦副的摩擦系数减小。

④ 压紧弹簧受热退火或疲劳、损坏，膜片弹簧疲劳或开裂，弹力不足。

⑤ 压盘、飞轮、从动盘变形，导致传递转矩的能力下降。

⑥ 离合器盖与飞轮之间的调整垫片太厚或固定螺钉松动。

⑦ 分离轴承运动发卡不能回位。

(3) 故障诊断与排除方法。离合器打滑故障的诊断与排除流程如图 4.9 所示。

2）离合器分离不彻底

以下对离合器分离不彻底的故障进行分析。

(1) 故障现象。离合器分离不彻底是指在离合器踏板踩到底时，离合器处于半接合状态，其从动盘没有完全与主动盘分离的现象。离合器分离不彻底的故障现象主要表现为以下几点。

① 发动机怠速运转，踩下离合器踏板挂挡时，挂挡困难且有齿轮撞击声。

② 情况严重时，原地挂挡后发动机熄火。

③ 汽车在行驶过程中换挡困难且有齿轮撞击声。

(2) 故障原因。离合器分离不彻底的根本原因是离合器踏板踩到底时，其压盘离开从动盘的移动量过小，或离合器主、从动件变形导致压盘与从动盘摩擦片有所接触不能分离。其具体原因如下。

① 离合器踏板自由行程过大。

② 离合器分离杠杆内端高度太低或不在同一平面上。

③ 从动盘翘曲、铆钉松脱或摩擦衬片松动。

④ 压盘受热变形，翘曲超限。

⑤ 新换的摩擦衬片太厚或从动盘前后方向装反。

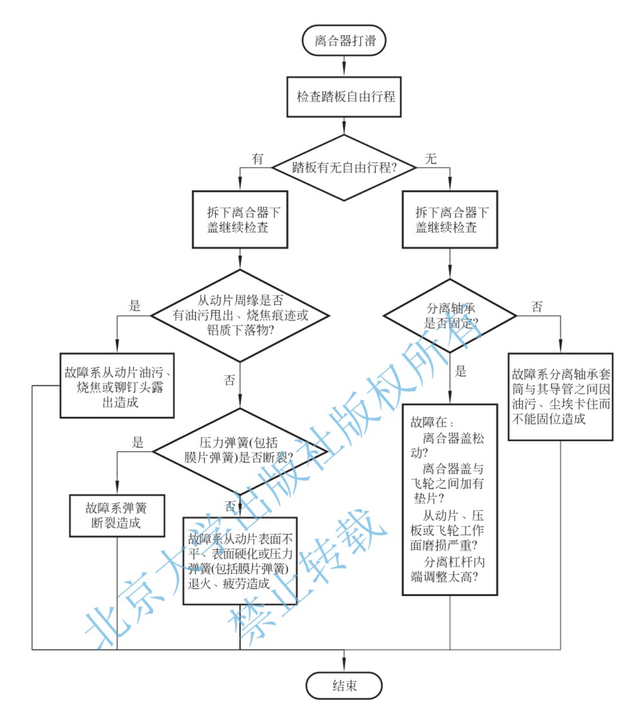


图 4.9　离合器打滑的故障诊断与排除流程图

⑥ 从动盘毂花键槽与变速器第一轴花键齿卡滞。

⑦ 离合器操纵机构卡滞或传动部分紧固螺栓松动。

⑧ 双片离合器中间压盘支撑弹簧弹力不均或个别弹簧折断、中间压盘调整不当。

⑨ 液压传动离合器的液压系统漏油、油量不足或有空气。

(3) 故障诊断与排除方法

离合器分离不彻底的故障诊断与排除流程如图 4.10 所示。

3) 离合器发抖

以下对离合器发抖的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车用低速挡起步时，按操作规程缓慢松开离合器踏板，轻踏加速踏板时，离合器不能平稳接合且产生振抖，严重时车身明显抖动。

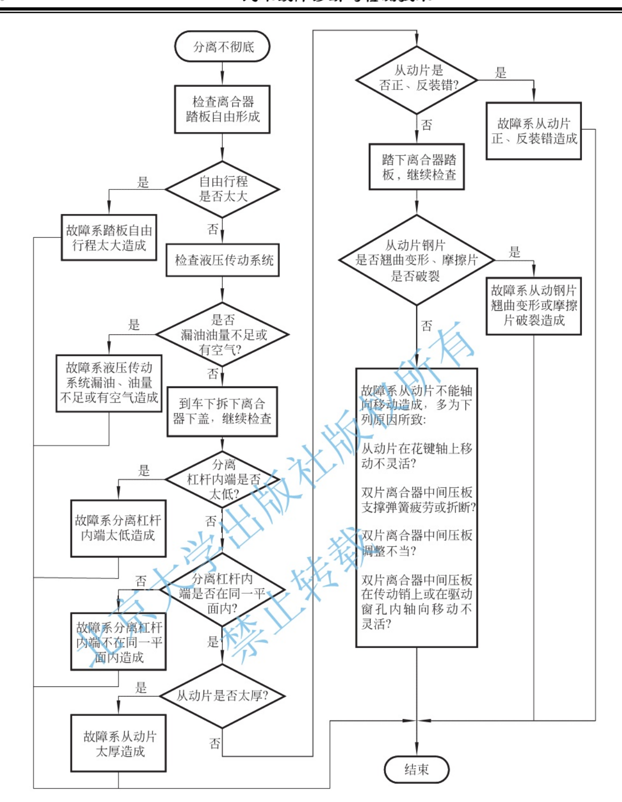


图 4.10　离合器分离不彻底的故障诊断与排除流程图

(2) 故障原因。离合器发抖的根本原因是从动盘摩擦片表面与压盘表面及飞轮接触表面之间的压力分布不均，在同一平面内接触时间不同，使得主、从动盘接触不平顺引起发抖。其具体原因如下。

① 分离杠杆变形或调整不当，各分离杠杆内端不在同一平面内。

② 压盘、从动盘翘曲变形严重，飞轮工作端面的端面圆跳动量超标。

③ 压紧弹簧弹力不均匀，个别弹簧弹力减弱或折断。

④ 从动盘摩擦片厚度不均匀、衬片破裂、表面不平、铆钉外露或松动。

⑤ 从动盘毂花键槽与变速器第一轴花键齿磨损过甚、间隙过大。

⑥ 从动盘摩擦片减震弹簧疲劳或折断，缓冲片破裂。

⑦ 飞轮、离合器壳或变速器固定螺钉松动。

(3) 故障诊断与排除方法。离合器发抖的故障诊断与排除流程如图 4.11 所示。

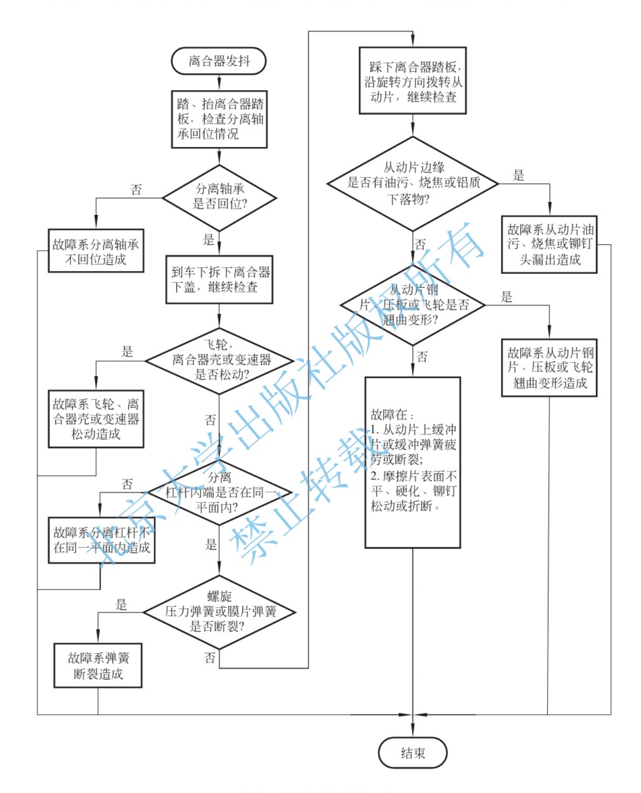


图 4.11　离合器发抖的故障诊断与排除流程图

4) 离合器异响

以下对离合器异响的故障进行分析。

(1) 故障现象。离合器分离或接合时发出不正常的响声。

(2) 故障原因。离合器产生异响的根本原因在于离合器部分零件严重磨损及主、从动

件传力部件松旷，在离合器主、从动件接合或松开的瞬间，由于惯性冲击的作用，在松旷处造成金属零件之间不正常摩擦或撞击而产生异响。其具体原因如下。

① 分离轴承磨损严重、缺油或损坏。

② 离合器踏板回位弹簧及分离轴承回位弹簧过软、折断或脱落。

③ 分离杠杆的连接销、支撑钢片或调整螺栓断裂。

④ 双片式离合器中间压盘的传力销与销孔磨损松旷。

⑤ 从动盘毂花键槽与变速器第一轴花键齿磨损松旷。

⑥ 从动盘毂铆钉松动、钢片断裂、减振弹簧折断或失效。

⑦ 离合器调整不当，使得分离轴承与分离杠杆内端无间隙。

(3) 故障诊断与排除方法。离合器异响的故障诊断与排除流程如图 4.12 所示。

2. 手动变速器常见故障及诊断

变速器在使用过程中，随着行驶里程的增加，内部各零件的磨损、变形也随之加大。各零件间的配合关系变差，使其技术状况逐渐变差。手动变速器的常见故障有漏油、跳挡、乱挡、换挡困难和异响等现象。

1) 变速器漏油

以下对变速器漏油的故障进行分析。

(1) 故障现象。变速器盖、侧盖、轴承盖和一、二轴回油螺纹或油封处有明显漏油痕迹。

(2) 故障原因。

① 各结合平面变形、加工粗糙或密封垫片太薄、硬化或损坏。

② 变速器盖、侧盖、轴承盖等处固定螺钉松动或拧紧顺序不符合要求。

③ 油封轴颈与油封不同轴或轴颈磨出沟槽。

④ 油封装反或磨损、硬化，弹簧失效。

⑤ 回油螺纹沟槽内沉积过多污物或有加工毛刺阻碍回油。

⑥ 加注润滑油过多或通气孔堵塞。

⑦ 加油口、放油口螺塞松动或螺纹损坏。

⑧ 变速器壳体有铸造缺陷或裂纹。

(3) 故障诊断与排除方法。变速器漏油的故障诊断与排除流程如图 4.13 所示。

2) 变速器跳挡

以下对变速器跳挡的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车在行驶中，变速杆自动跳回空挡，此现象多发生在重载加速或爬坡时。

(2) 故障原因。变速器跳挡的根本原因是换挡啮合副在传递动力时，产生的轴向力大于自锁装置的锁止力与齿面摩擦力之和，导致啮合副脱离啮合位置。其具体原因如下。

① 变速器自锁装置失效，自锁钢球磨损严重，自锁弹簧疲劳、折断，自锁凹槽磨损严重或沿轴向磨损成沟槽。

② 换挡拨叉及其叉轴变形或磨损严重。

③ 相啮合的齿轮、齿圈或齿套，在啮合部位沿齿长方向磨损成锥形。

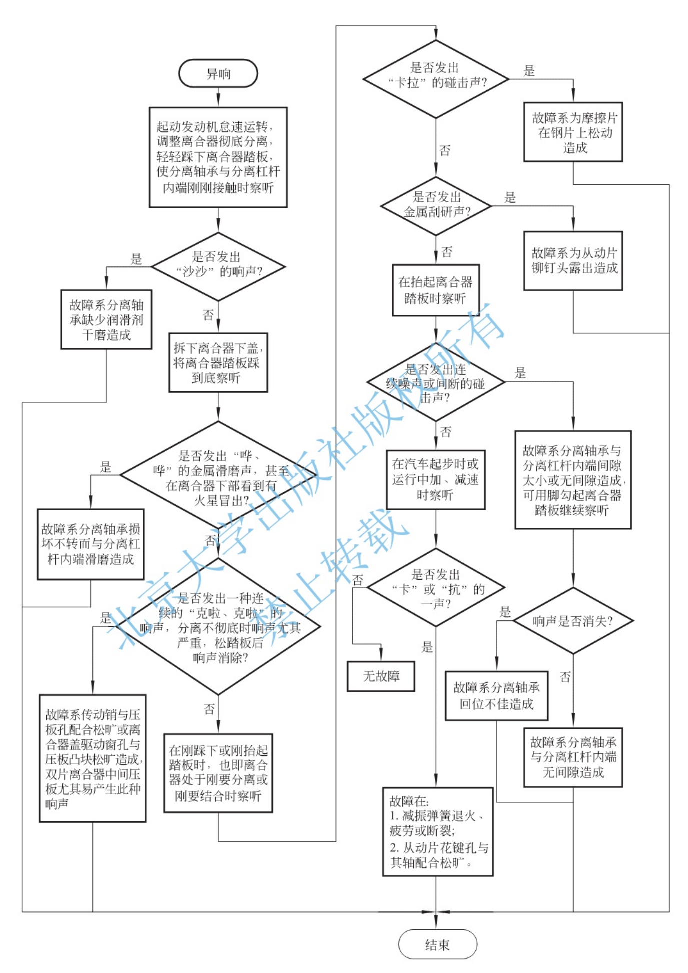


图 4.12　离合器异响的故障诊断与排除流程图

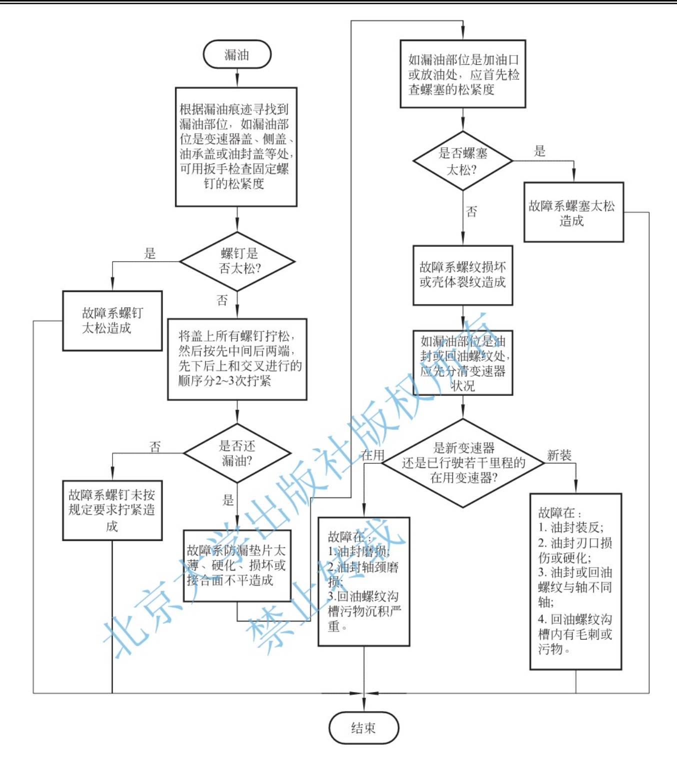


图 4.13　变速器漏油的故障诊断与排除流程图

④ 变速器壳体变形或轴、轴承磨损松旷，使 2 个啮合齿轮的轴线不平行或一、二轴轴线不同轴。

⑤ 第一轴、第二轴、曲轴三者不在同一轴线上。

⑥ 滑动齿轮与轴的花键磨损严重，配合间隙过大。

⑦ 变速器各轴的轴向间隙或径向间隙过大。

⑧ 各常啮齿轮的轴向间隙或径向间隙过大。

(3) 故障诊断与排除方法。变速器跳挡的故障诊断与排除流程如图 4.14 所示。

3) 变速器乱挡

以下对变速器乱挡的故障进行分析。

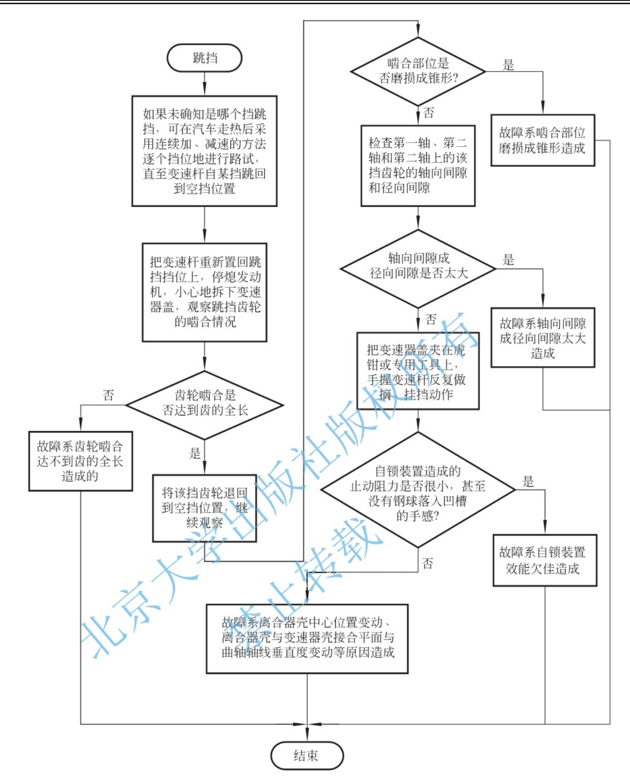


图 4.14　变速器跳挡的故障诊断与排除流程图

(1) 故障现象。在离合器彻底分离的情况下，要挂挡挂不上或要摘挡摘不下；有时要挂某挡，结果挂在别的挡位上；有时同时挂上 2 个挡。

(2) 故障原因。变速器乱挡的根本原因是操纵杆与选挡装置的挡位不对应，其具体原因如下。

① 变速器互锁装置损坏。

② 操纵杆下端长度不足、下端工作面磨损过甚或变速叉轴导块的导槽磨损过大。

③ 操纵杆球头定位销松旷、折断或球、球头座磨损过大。

(3) 故障诊断与排除方法。变速器乱挡的故障诊断与排除流程如图 4.15 所示。

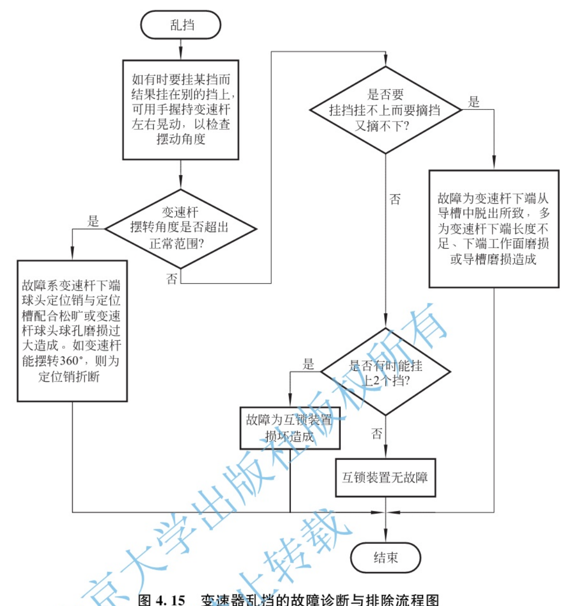


图 4.15　变速器乱挡的故障诊断与排除流程图

4）变速器换挡困难

以下对变速器换挡困难的故障进行分析。

（1）故障现象。变速器不能顺利地挂入挡位，挂挡时往往伴有齿轮撞击声。

（2）故障原因。变速器换挡困难的根本原因是汽车换挡时待啮合齿的圆周速度不相等，或拨叉轴移动时的阻力过大。其具体原因如下。

① 离合器分离不彻底。

② 操纵机构调整不当或变速操纵杆弯曲变形。

③ 换挡拨叉轴弯曲变形，换挡拨叉轴与其导向孔配合过紧或因缺油严重锈蚀。

④ 换挡拨叉变形。

⑤ 锁止装置弹簧的弹力过大，其锁止钢球或锁销损坏。

⑥ 同步器损坏。

（3）故障诊断与排除方法。变速器换挡困难的故障诊断与排除流程如图 4.16 所示。

5）变速器异响

以下对变速器异响的故障进行分析。

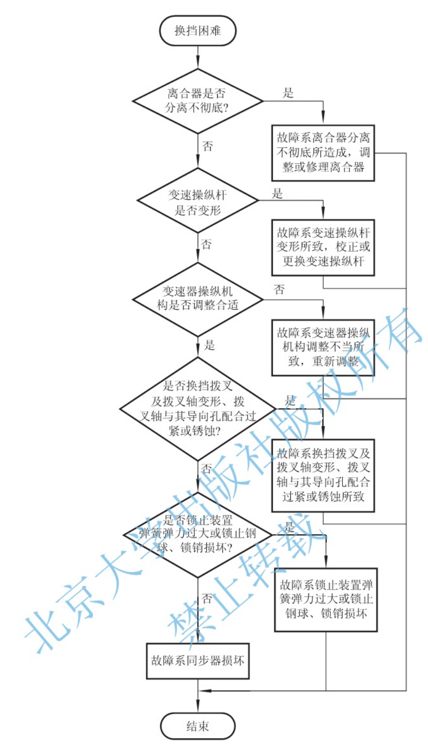


图 4.16　变速器换挡困难的故障诊断与排除流程

(1) 故障现象。变速器在工作过程中发出干磨、撞击、振动等不正常的响声。

(2) 故障原因。变速器异响的根本原因是由于轴承磨损松旷和齿轮啮合失常或润滑不良所致。其具体原因如下。

① 啮合齿轮的轮面磨损严重，啮合间隙过大；齿轮内孔表面磨损严重，配合松旷；个别轮齿缺损或齿面剥落、脱层；齿轮端面圆跳动或径向圆跳动超标；齿轮加工精度低使其啮合间隙不均匀。

② 轴承磨损严重或松动，轴承滚道损坏或滚珠(柱)破碎。

③ 变速器各轴变形或其轴承松旷引起齿轮啮合间隙不当。

④ 各花键配合间隙过大。

⑤ 变速器壳体变形，造成一、二轴不同轴或一、二轴公共轴线与中间轴轴线不平行。
⑥ 同步器磨损严重或损坏。
⑦ 变速器自锁装置损坏。
⑧ 齿轮油不足、变质、规格不符合要求或油中有杂质。
(3) 故障诊断与排除方法。变速器异响的故障诊断与排除流程如图 4.17 所示。

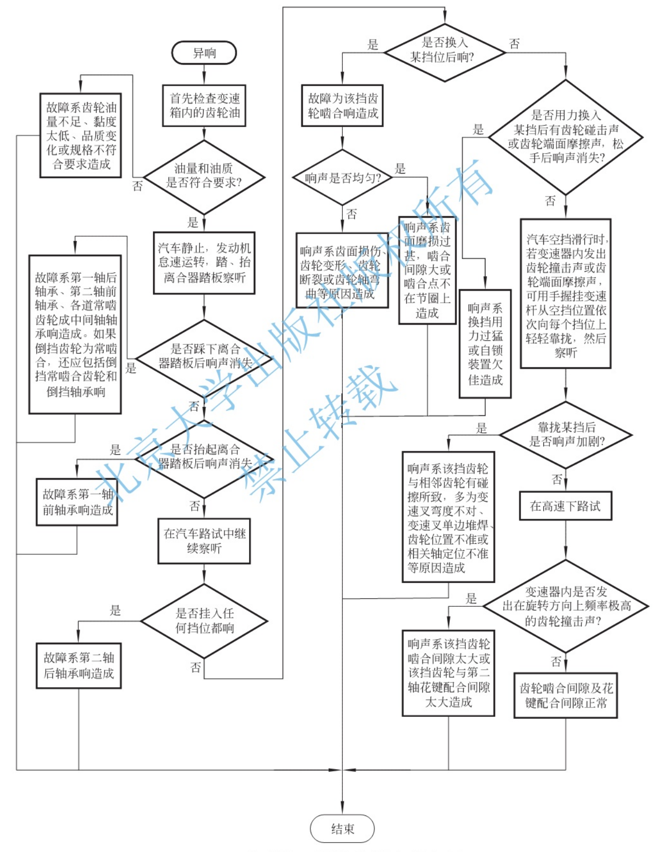


图 4.17　变速器异响的故障诊断与排除流程图

3. 万向传动装置常见故障及诊断

万向传动装置的常见故障是异响和游动角度增大。

1）万向节和伸缩节异响

以下对万向节和伸缩节异响的故障进行分析。

(1) 故障现象。在汽车起步或车速突然改变时，传动装置出现冲击响声；当汽车缓车时，传动装置发出“呱啦、呱啦”的响声。

(2) 故障原因。

① 万向节轴承磨损松旷。

② 万向节凸缘盘连接螺栓松动。

③ 伸缩节花键齿磨损松旷。

④ 万向节装配过紧转动不灵活。

(3) 故障诊断与排除方法。万向节和伸缩节异响的故障诊断与排除流程如图 4.18 所示。

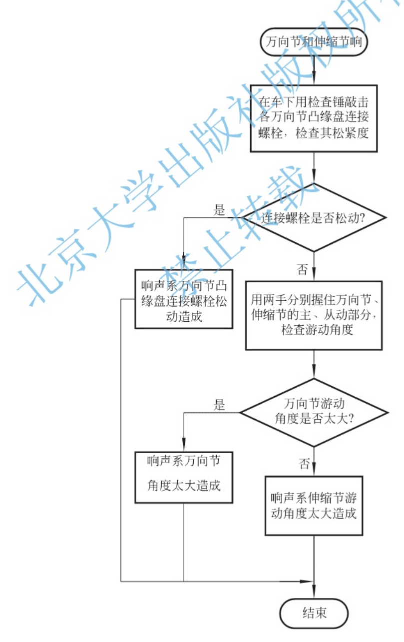


图 4.18　万向节和伸缩节异响的故障诊断与排除流程图

2）传动轴异响

以下对传动轴异响的故障进行分析。

（1）故障现象。在万向节与伸缩节技术状况良好的情况下，传动轴在汽车行驶中发出周期性的响声；车速越快响声越大，严重时会引起车身抖振。

（2）故障原因。

① 传动轴弯曲变形、轴管损伤有凹陷或平衡片脱落。

② 传动轴装配不当。

③ 传动轴轴管两端焊接时位置歪斜或未进行动平衡。

④ 中间支承松动或错位。

（3）故障诊断与排除方法。传动轴异响的故障诊断与排除流程如图 4.19 所示。

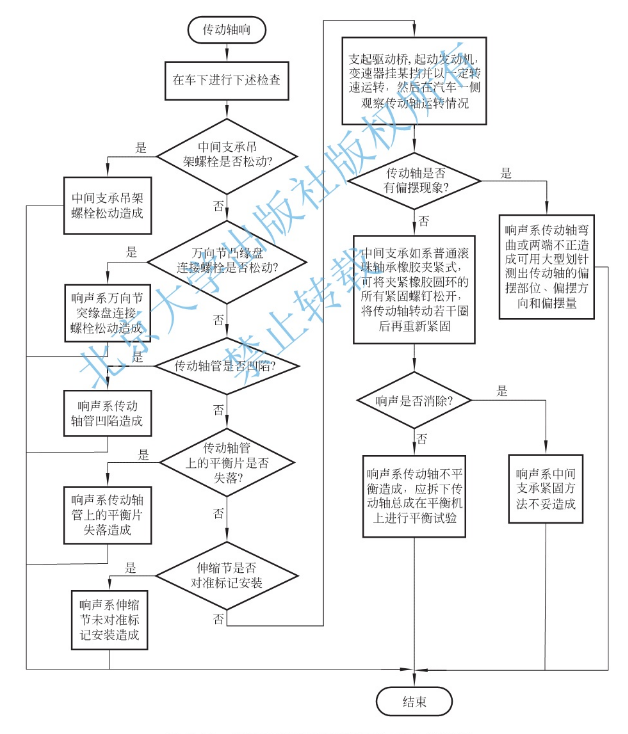


图 4.19　传动轴异响的故障诊断与排除流程图

3）中间支承异响

以下对中间支承异响的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车行驶中发出一种连续的“呜、呜”的响声，车速越快响声越大。

(2) 故障原因。

① 中间支承轴承磨损过甚或润滑不良。

② 中间支承支架安装偏斜，使圆环橡胶垫损坏。

③ 中间支承支架固定螺栓松动。

④ 车架变形。

(3) 故障诊断与排除方法。中间支承异响的故障诊断与排除流程如图 4.20 所示。

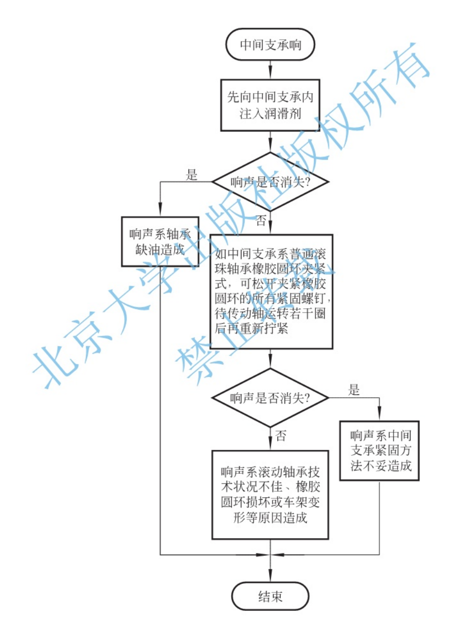


图 4.20　中间支承异响的故障诊断与排除流程图

4．驱动桥常见故障及诊断

驱动桥的常见故障为漏油、过热和异响。

1）驱动桥漏油

以下对驱动桥漏油的故障进行分析。

（1）故障现象。驱动桥加油口螺塞、放油口螺塞、油封处或各接合面处有明显的漏油痕迹。

（2）故障原因。

① 加油口或放油口螺塞松动。

② 油封损坏或油封与轴径不同轴。

③ 油封轴径因磨损而出现槽沟。

④ 各接合平面的平面度误差过大或密封垫片损坏。

⑤ 两接合平面的紧固螺钉拧紧方法不符合要求或松动。

⑥ 通气孔堵塞。

⑦ 桥壳有铸造缺陷或裂纹。

（3）故障诊断与排除方法。

驱动桥漏油的故障诊断与排除方法基本上同于变速器漏油的故障诊断与排除方法。

2）驱动桥过热

以下对驱动桥过热的故障进行分析。

（1）故障现象。汽车行驶一定里程后，用手触摸驱动桥中部，有无法忍受的烫手感觉。

（2）故障原因。驱动桥过热的根本原因是驱动桥工作时其摩擦阻力过大。其具体原因如下。

① 齿轮油不足、变质或规格不符合要求。

② 轴承装配过紧。

③ 齿轮啮合间隙过小。

④ 油封过紧。

⑤ 止推垫片与主减速器从动齿轮背面间隙太小。

（3）故障诊断与排除方法。驱动桥过热的故障诊断与排除流程如图 4.21 所示。

3）驱动桥异响

以下对驱动桥异响的故障进行分析。

（1）故障现象。驱动桥异响一般分为以下几种情况。

① 汽车挂挡行驶时驱动桥发出较大响声，而当滑行或低速行驶时响声减小或消失。

② 汽车行驶、滑行时驱动桥均发出较大响声。

③ 汽车转向行驶时驱动桥发出较大响声，而当直线行驶时响声减小或消失。

④ 汽车起步或突然改变车速时，驱动桥发出“抗”的一声。

⑤ 汽车缓车时，驱动桥发出“格啦、格啦”的撞击声。

（2）故障原因。驱动桥产生异响的根本原因是驱动桥的传动部件磨损松旷、调整不当或润滑不良。其具体原因如下。

① 滚动轴承松旷、磨损严重或损伤。

② 主减速器圆锥齿轮固定松动、磨损严重、轮齿损伤或啮合间隙及啮合印痕调整

不当。

③ 主减速器壳体或差速器壳体变形。

④ 差速器壳与十字轴、十字轴与行星齿轮孔配合松旷。

⑤ 差速器行星齿轮、半轴齿轮与垫片磨损严重，轮齿折断，半轴齿轮键槽与半轴键齿配合松旷。

⑥ 差速器壳连接螺栓松动。

⑦ 行星齿轮与半轴齿轮啮合间隙不当。

⑧ 齿轮油不足、油质不符合要求或油中有杂质。

(3) 故障诊断与排除方法。驱动桥异响的故障诊断与排除流程如图 4.22 所示。

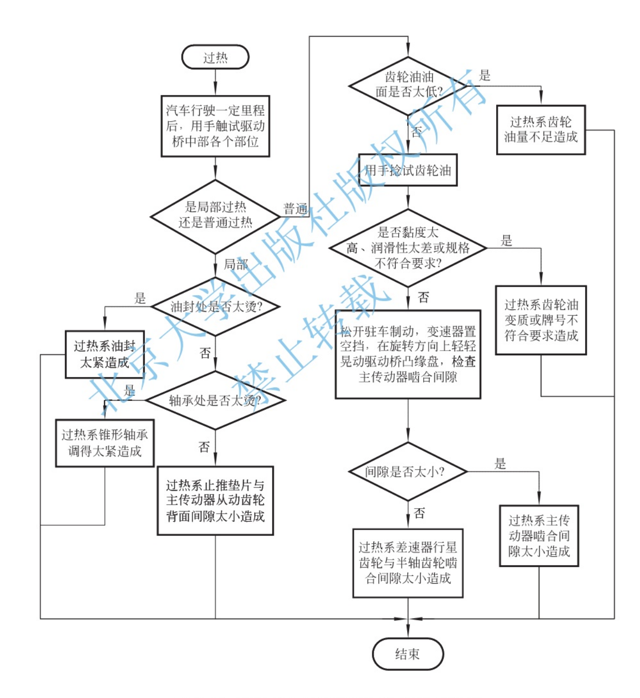


图 4.21　驱动桥过热的故障诊断与排除流程图

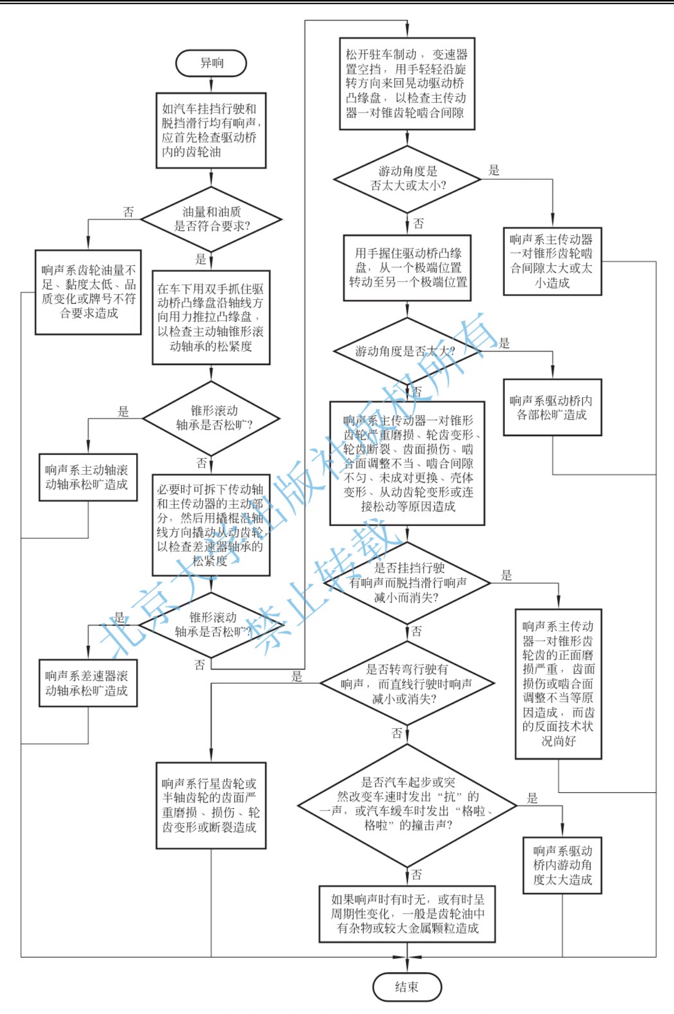


图 4.22　驱动桥异响的故障诊断与排除流程图

4.3　转向系统检测与故障诊断

转向系统是汽车底盘的主要组成部分，对汽车转向系统的检测主要包括前轮定位值的检测和转向盘自由转动量以及转向盘转向力的检测，对于现代轿车来讲，有时还要对后轮的定位值进行检测。这几项参数直接关系到汽车的操纵稳定性、转向轻便性和行车安全性。

4.3.1　转向轮定位检测

转向轮定位值是转向轮静态安装后形成的一组几何角度与尺寸数值，包括转向轮外倾角、转向轮前束值、主销后倾角和主销内倾角 4 个参数。为保证汽车的操纵稳定性和转向轻便性，转向轮定位值必须满足设计要求。在汽车使用过程中，由于转向机构、车轴、车架的变形和磨损，转向轮定位值会逐渐失准，引起转向沉重、增加驾驶员劳动强度、汽车行驶不稳定、车轮失去自动回正作用等，从而使汽车的操纵性能变差，易于产生行车事故。同时，转向轮定位值失准还会使车轮滚动阻力增大，汽车动力性下降，运行油耗增多，另外，由此引起的轮胎异常磨损也降低了汽车的使用经济性。为此，要对使用中的汽车适时地进行转向轮定位的检测，并根据检测结果进行调整，以保证其使用性能。

汽车转向轮定位的检测方法有静态检测法和动态检测法两种。静态检测法是在汽车停止的状态下，使用测量仪器对车轮定位进行几何角度与尺寸数值的测量。动态检测法是在汽车以一定车速行驶的状态下，用测量仪器或设备检测车轮定位产生的侧向力或由此引起的车轮侧滑量。

1. 静态检测法

车轮定位值的静态检测法是根据车轮旋转平面与各定位角之间存在的直接或间接的几何关系，利用专用的检测设备测量其是否符合原厂规定。常用的检测设备有气泡水准式、光学式、激光式、电子式和微机式等车轮定位仪。

气泡水准仪由于具有结构简单、价格低廉、便于携带等优点，曾在国内得到广泛使用，但也有安装不方便、测试费时费力等缺点，目前已基本被淘汰。

光学式车轮定位仪一般由转盘、支架、车轮镜和投光装置(包括投光器和投影屏)等组成。投光器也像水准仪一样安装在支架上，支架固定在轮辋上。该定位仪利用光学投影原理，将车轮纵向旋转平面与各定位角之间的关系投影到带有指示刻度的投影屏上，从而测定车轮定位值。

激光式车轮定位仪的检测原理与光学式相同，只不过采用的是激光投影系统，即使是在强烈的阳光下也能清楚地从投影屏上读出测量数据。

电子式车轮定位仪则是在光学式和激光式的基础上，由投影屏刻度显示变为显示屏数字显示。

微机式车轮定位仪是目前广泛使用的最先进的车轮定位仪，且一般为四轮定位仪，可同时检测前、后轮的定位参数。微机式车轮定位仪由于采用微电脑技术和精密传感测量技术，并备有完整齐全的配套附件，具有测量准确和操作简便等优点。目前，国内外基本上

都使用四轮定位仪对车轮定位值进行检测。

车轮定位值静态检测的原理及方法将在后面的四轮定位检测一节中介绍。

2. 动态检测法

为了确知车轮前束和车轮外倾角配合是否恰当，可使用动态检测法检测车轮的侧滑量，目前国内广泛采用滑板式侧滑试验台检测汽车转向轮的侧滑量。

1）侧滑量检测原理

滑板式侧滑试验台简称侧滑试验台，这种试验台是让汽车在滑动板上驶过，用测量滑动板左、右方向移动量的方法，来检测车轮侧滑量并判断是否合格的一种检测设备。其基本原理是：若转向轮外倾和前束配合不当，则汽车直线行驶时，转向轮将处于边滚边滑状态，轮胎与地面间由于滑动摩擦的存在而产生相互作用力。若使汽车驶过可以横向自由滑动的滑板，则该作用力将使滑板产生侧向滑动，侧滑量的大小则反映了汽车转向轮外倾和前束的匹配情况，但并不能表示外倾和前束的具体数值。

（1）转向轮前束引起的侧滑。若转向轮仅有前束而没有外倾角，则汽车直线行驶时，两转向轮具有向内收缩靠拢的趋势。假定将两个只有前束而没有外倾的转向轮用一根可自由伸缩的轴连接起来，则车轮向前直线滚动一段距离后，由于前束的作用，两只车轮将向里收拢、互相靠近。而实际上，汽车前轴是刚性的，转向轮由于前轴的约束而保持直线行驶。此时，若使两转向轮驶过底部装有滚轮可自由滑动的滑板，意味着地面可以横向伸缩，则由于车轮与滑板间存在着相互作用力而使滑板反方向移动，即左、右滑板分别向外滑移，如图 4.23 所示。图中虚线所示为滑板向外侧滑移的现象，其单边转向轮的外侧滑量 S_t 为

$$S_t=\frac{L'-L}{2} \tag{4-6}$$

通常，滑板向外滑动的数值记为正，而向内滑动的数值记为负。前束可引起正侧滑。

（2）转向轮外倾引起的侧滑。与上述情况相反，若转向轮只有外倾而没有前束，当通过滑板时，滑板将向内侧滑移，即车轮外倾可引起负前束。如图 4.24 所示。其单边转向轮的内侧滑量 S_c 为

$$S_c=\frac{L'-L}{2} \tag{4-7}$$

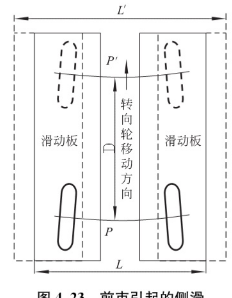


图 4.23　前束引起的侧滑

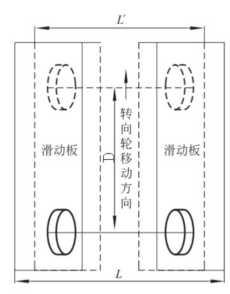


图 4.24　外倾引起的侧滑

（3）侧滑量检测的意义。侧滑量反映转向轮外倾与前束相互配合的综合结果。二者匹配情况理想时，侧滑量为零，汽车行驶时转向轮处于纯滚动状态，轮胎磨损轻，行驶阻力小，转向轻便，操纵稳定性好。通过检测和调整，使侧滑量保持在标准规定范围内是非常必要的。应明确说明的是：转向轮外倾和前束均合格时，侧滑量合格；反之，当侧滑量合格时，只能说明转向轮的外倾和前束配合的恰到好处，不一定保证外倾和前束都合格。

2）侧滑试验台的结构

滑板式侧滑试验台，按其结构可分为单板式与双板式两种。前者只有一块滑动板，检验时汽车只有一侧车轮从滑动板上通过；后者共有左、右两块滑动板，检验时汽车两侧车轮同时从滑动板上通过。目前国内多采用双板式侧滑试验台，主要有测量装置、指示装置和报警装置等组成。

（1）测量装置。

测量装置由框架、左、右滑动板、杠杆机构、回位装置、滚轮装置、导向装置、锁止装置和位移传感器等组成，如图 4.25 所示。该装置能把车轮侧滑量测出并传递给指示装置。

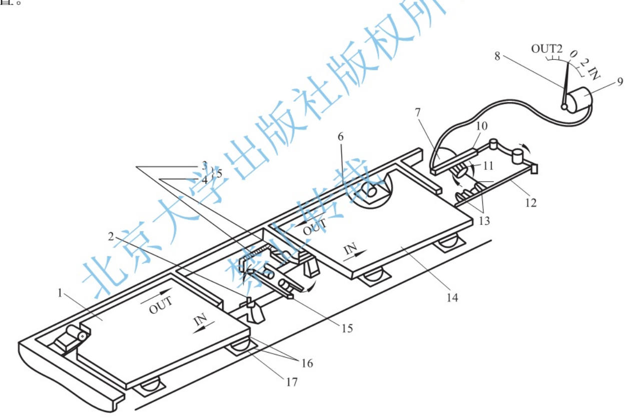


图 4.25　侧滑试验台电气式测量装置

1—左滑动板；2—导向滚轮；3—回位弹簧；4—摆臂；5—回位装置；6—框架；7—测量电机；8—指针；9—指示电机；10—齿条；11—齿轮；12—连杆；13—限位开关；14—右滑动板；15—双销叉式曲柄；16—轨道；17—滚轮

滑动板的长度一般有 500mm、800mm 和 1000mm 3 种。为增大轮胎与滑动板间的附着系数，滑动板常用花纹板制造。滑动板下部装有滚轮，由于滚轮可在滑道中左、右自由滑动，因此滑动板受力后可左、右滑动；滑动板下部还装有导向装置，限制滑动板的纵向位移，但允许滑动板的左、右位移。为使汽车的侧滑量被检测后，滑动板能够回到初始位置，滑动板或杠杆机构上装有回位弹簧。锁止装置用于在不工作时限制滑动板的左、右位

移，以防止意外损坏。由于杠杆机构的运动学关系，因此双滑板侧滑试验台的左、右滑板只能作同时向内或同时向外的等量位移。

当车轮正前束(IN)过大时，滑动板向外侧滑动；当车轮负前束(OUT)过大时，滑动板向内侧滑动；当侧向力消失时，在回位装置作用下两块滑动板回到零点位置；当关闭锁止装置时，两块滑动板被锁止。

按滑动板位移量传递给指示装置方式的不同，测量装置可分为机械式和电气式两种。

① 机械式测量装置。将滑动板与指示装置通过连杆和 L 型杠杆等零件机械地连接在一起，从而把滑动板的位移量直接传递给指示装置。具有机械式测量装置的侧滑试验台一般也称为机械式侧滑试验台，其指示装置设立在测量装置的一端，两者必须靠得很近。这种侧滑试验台近年来已逐渐被淘汰。

② 电气式测量装置。将滑动板的位移量通过位移传感器变成电信号，再经过放大与处理传输给指示装置。常见的位移传感器有电位计式、差动变压器式和自整角电机式 3 种形式。如图 4.25 所示的即为以自整角电机作为位移传感器的测量装置，自整角电机 7 通过齿轮齿条机构、杠杆和连杆等与滑动板连接在一起。指示装置中也装备有同一规格的自整角电机 9。当滑动板位移时，自整角电机 7 回转一定角度并产生电信号传输给自整角电机 9，自整角电机 9 接到电信号后回转一定角度并通过指针指示出滑动板位移量的大小和方向。

(2) 指示装置。

侧滑试验台的指示装置有机械式和电气式两类。目前大多采用电气式，采用指针指示、数码管显示或液晶显示，并有峰值保留功能，有些侧滑试验台还可打印检测结果。从传感器传来的反映滑动板位移量的电信号，经放大处理后传送给指示装置。指示装置标定时，按汽车直线行驶 1km，每侧滑 1m 为 1 个刻度。若滑动板长度为 1000mm，则滑动板侧向位移 1mm 时，显示 1 个刻度；滑动板长度为 500mm 时，滑动板每侧向位移 0.5mm，则对应于 1 个刻度。在指示装置上，转向轮正、负侧滑量分别对应有 10 个刻度。检测人员从指示装置上就可获知转向轮侧滑量的定量数值和侧滑方向。如图 4.26 所示为电气式指示装置。

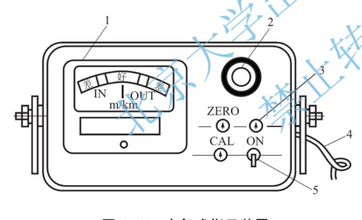


图 4.26　电气式指示装置

1—指示仪表；2—报警蜂鸣器或信号灯；3—电源指示灯；4—导线；5—电源开关

(3) 报警装置。

检测转向轮侧滑量时，为了快速表示出检测结果是否合格，当侧滑量超过规定值时(多于 5 个刻度)，报警装置能根据侧滑板限位开关发出的信号，用蜂鸣器或信号灯报警，因而无须再读取仪表数值，以节省检测时间。

3) 影响侧滑量检测结果的因素

影响侧滑量检测结果的因素主要包括以下几种。

(1) 转向轮外倾与前束匹配不当。一般情况下，侧滑量超标时，调整前束就能使侧滑量合格。但在某些特殊情况下(如因汽车前部碰撞使转向轮定位角发生较大变化时)，调整

前束使转向轮侧滑量合格，汽车行驶时驾驶员反而觉得难以操纵。此时，应检查转向轮定位的其他 3 个参数是否满足要求。侧滑量不合格时，不能一味只用改变前束的方法调整。

(2) 汽车轮毂轴承间隙过大，左右松紧度不一致；转向节主销和衬套磨损过度，横、直拉杆球头松旷，左、右悬架性能差异；前、后轴不平行，车身、车架变形等，都会影响侧滑量。为此，检测侧滑前，应首先消除上述因素，而当车辆的侧滑量不合格时，也应在这些方面查找原因。

(3) 轮胎气压不符合规定；左、右轮胎气压不等，花纹不一致；轮胎磨损过甚或严重偏磨；轮胎上有水、油或花纹中嵌有砂石，都会影响轮胎与滑动板间的作用力，影响侧滑量。

(4) 汽车通过滑动板的速度。车速过快时，由于冲击作用，侧滑量检测结果会显著增加，一般试验车速以 3～5km/h 为宜。

(5) 转向轮通过滑动板的方向是否与滑动板垂直。当不垂直时，侧滑量检测结果显著增大。

4) 侧滑试验台的使用方法

以下介绍侧滑试验台的使用方法。

(1) 检测前的准备工作。

① 轮胎气压应符合规定。

② 清理轮胎，轮胎表面应无油污、泥土、水，花纹槽内无石子嵌入。

③ 检查侧滑试验台导线连接情况，在导线连接良好的情况下打开电源开关，查看指针式仪表的指针是否在机械零点上，并视情况进行调整，或查看数码管亮度是否正常并都在零位上。

④ 打开试验台锁止装置，检查滑动板是否滑动自如，能否回位。滑动板回位后，检查指示装置是否指示零点。

⑤ 检查报警装置在规定值时能否发出报警信号，并视情况进行调整或修理。

⑥ 检查侧滑试验台上面及其周围的清洁情况，如有油污、泥土、砂石及水等应予清除。

(2) 检测方法。

① 汽车以 3～5km/h 的速度垂直平稳前进通过侧滑试验台的滑动板。

② 当转向轮完全通过滑动板后，从指示装置上观察侧滑方向并读取或打印最大侧滑量。

③ 检测结束后，切断电源并锁止滑动板。

(3) 使用注意事项。

① 检测前应认真阅读使用说明书。

② 避免侧滑试验台超载。

③ 不允许汽车在滑动板上转向、制动或停放。

④ 保持侧滑试验台内、外及周围环境的清洁。

5) 诊断参数标准

根据国家标准 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，用侧滑试验台检测转向轮的侧滑量时，其值应在±5m/km 间。

6）检测后轴技术状况

对于后轮没有定位的汽车，可用侧滑试验台按下列方法检测后轴是否弯曲变形和轮毂轴承是否松旷。

（1）检测时，使汽车后轮从侧滑试验台的滑动板上分别前进和后退驶过。

① 如两次侧滑量读数均为零，表明后轴无任何弯曲变形。

② 如两次侧滑量读数都不为零，且前进和后退驶过滑动板后，侧滑量读数相等而侧滑方向相反，表明后轴在水平面内发生弯曲。

a. 若前进时滑动板向外滑动，后退时又向内滑动，说明后轴端部在水平面内向前弯曲，这相当于后轮有了前束。

b. 若前进时滑动板向内滑动，后退时又向外滑动，说明后轴端部在水平面内向后弯曲，这相当于后轮有了负前束。

③ 如两次侧滑量读数不为零，且前进和后退驶过侧滑板后，侧滑量读数相等而侧滑方向相同，表明后轴在垂直平面内发生弯曲。

a. 若滑动板向外滑动，说明后轴端部在垂直平面内向上弯曲，这相当于后轮有了负外倾。

b. 若滑动板向内滑动，说明后轴端部在垂直平面内向下弯曲，这相当于后轮有了外倾。

（2）后轮多次驶过侧滑试验台滑动板，每次读数都不相等，说明轮毂轴承松旷。

对于后轮有定位的汽车，仍可按上述方法检测后轴是否变形和轮毂轴承是否松旷，只是需要在检测结果中减去车轮定位值，剩余值即为后轴弯变形造成的。

4.3.2 四轮定位检测

1. 四轮定位

为适应汽车高速运行状态下的稳定性和舒适性要求，现代汽车广泛采用四轮独立悬梁。为使汽车具有良好转向特性，除转向轮定位外，部分轿车还具有后轮外倾角和前束等参数，称为四轮定位。

四轮定位的前、后轮定位参数依赖于悬架机构有关部件的相互位置在一个统一基准(线或面)上的合理匹配，以实现转向行驶系统的稳定效应，使汽车具有良好的行驶平顺性和操纵稳定性。只有当前、后轮定位参数均按标准值调整得当时，才能保证汽车转向精确、运行平稳、行驶安全、降低油耗并减轻轮胎磨损。

在汽车行驶中如出现下列情况时，需进行四轮定位的检测和调整。

（1）直线行驶困难。

（2）前轮摇摆不定，行驶方向飘移。

（3）轮胎出现异常磨损。

（4）汽车更换悬架系统、转向系统有关部件或前部经碰撞事故维修后。

2. 检测项目

四轮定位的检测项目包括转向轮前束值/角及前张角、转向轮外倾角、主销后倾角、主销内倾角、后轮前束值/角及前张角、后轮外倾角、轮距、轴距、转向 20°时的前张角、

推力角和左右轴距差等，如图 4.27 所示。其中，转向轮定位参数的检测工作在转向轮定位仪上也可完成。用于检测四轮定位的四轮定位仪不仅可检测转向轮的定位参数，还可检测后轮定位参数。

(a) 车轮前束值和前张角　(b) 四轮外倾角　(c) 主销后倾角

(d) 主销内倾角　(e) 转向20°时的前张角　(f) 推力角　(g) 左右轴距差

图 4.27　四轮定位的检测项目

不同车型的四轮定位值不同。汽车的四轮定位合格与否，需要把检测结果与制造厂给定的标准值进行比较才能确定。现代先进的微机四轮定位仪，不仅采用了先进的测量系统和科学的检测方法，而且储存了大量常见车型的四轮定位标准数据。在检测过程中，可随时把实测数据与标准数据进行比较，并通过屏幕用图形和数字显示出需要调整的部位、调整方法以及在调整过程中数值的变化，把复杂的四轮定位检测、调整简化做“看图操作”。

3. 检测原理

不同类型的四轮定位仪所采用的检测方法、数据记录与传输的方式有所不同，但基本检测原理一致。

1）前束和左、右轮轴距差检测

检测时，应将车体摆正并把转向盘置于中间位置。为提高检测精度，依四轮定位仪的类型常通过拉线、光线照射及反射或蓝牙传输的方式形成一封闭的直角四边形，并将被测车辆置于该四边形中，如图 4.28 所示。通过安装在车轮上的光学镜面或传感器，不仅可检测前后轮的前束值，还可检测同一车轴上左、右车轮的同轴度及推力

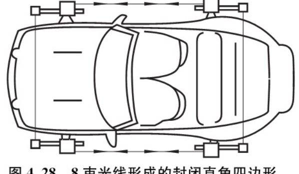


图 4.28　8 束光线形成的封闭直角四边形

角等。

安装在车轮上的传感器有不同类型，当采用光敏三极管式传感器时，其检测原理如下：

安装在两转向轮和两后轮上的传感器(又称定位校正头)均有接收光线和发射光线的功能，利用光线发射与接收刚好能形成如图 4.28 所示的四边形。传感器的受光平面上等距离地排列有一排光敏三极管，当不同位置上的光敏三极管受到光线照射时，所发出的电信号即可代表前束值/角或左、右轮轴距差。

当前束为零时，同一轴左、右车轮上的传感器发射(或反射)出的光束应重合。当检测出上述两条光束互相平行但不重合时，说明车轮发生了错位，使得左、右两车轮不同轴，依据光敏三极管发出的信息可测量出左、右轮的轴距差。

当左右车轮存在前束时，左轮传感器上接收到的光束位置相对于原来的零点有一偏差值，该偏差值表示右侧车轮的前束值/角；同理，在右侧传感器上接收到的光束位置相对于原来零点的偏差值，则表示左侧车轮的前束值/角。后轮和转向轮前束的检测原理相同，所不同的是转向轮前束的检测利用装在左右转向轮上的两个传感器，而后轮前束的检测则是利用装在左、右后轮上的传感器。车轮前束值/角的检测原理如图 4.29所示。

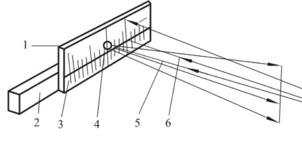
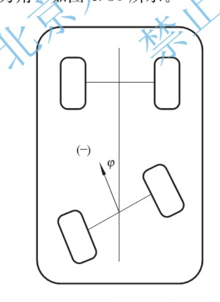


图 4.29　车轮前束值/角检测原理

1—刻度板；2—投射器支臂；3—光敏晶体管；4—激光器；5—投射激光束；6—接收激光束

2）推力角检测

由于车辆长期使用或发生碰撞事故后，会造成后桥弹簧座磨损、后桥下悬臂胶套损坏、整体式后桥胶套损坏或后轴、车身、车架、悬架等发生变形，均会引起后桥轴线与前桥轴线不平行，后轮的行进方向(即推力线)与汽车的纵向几何中心线形成一个角度，这个角度就称为推力角，如图 4.30 所示。



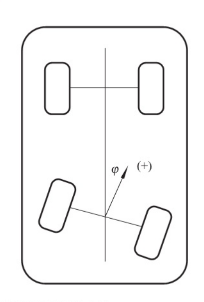


图 4.30　后桥轴线不正引起的推力角

推力角并非设计参数，而是一种故障状态参数。汽车行驶时，后轮沿推力线给汽车一个纵向的偏转力矩，导致轮胎异常磨损、汽车易偏离其直线行驶方向，严重时将发生后轴侧滑、甩尾等危险状况。

当然，如果汽车后轮轴线没有偏斜，但是两后轮的前束不一致，也会形成推力线，

如图4.31 所示。

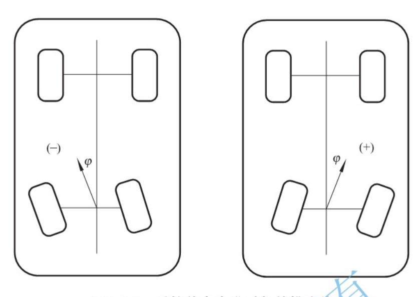


图 4.31　后轮前束失准引起的推力线

一般规定推力线朝右为正，朝左为负。

推力角的检测原理如图 4.32 所示。当推力角为零时，前后轴同侧车轮上的传感器发射或接收的光束应重合，当两条光束出现夹角而不重合时，即说明推力角不为零。为此，可以用安装在汽车前轮上的传感器接收到的后轮传感器所发射光束相对于零点位置的偏差值来检测汽车推力角的大小。

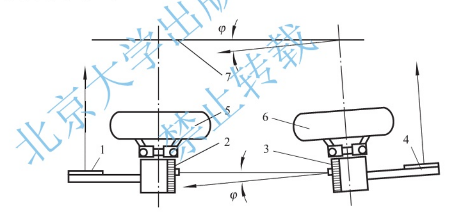


图 4.32　推力角检测原理

1，2，3，4—光线接收器；5—转向轮；6—后轮；7—汽车纵向轴线；φ—推力角

3）车轮外倾角检测

车轮外倾角可在车轮处于直线行驶位置时直接测得。在四轮定位仪的传感器(定位校正头)内装有角度测量仪(如电子倾斜仪)，把传感器装在车轮上，可直接测出车轮外倾角。

4）主销后倾角和主销内倾角检测

主销后倾角和主销内倾角不能直接测出，只能采用建立在几何关系上的间接测量。

若存在主销后倾角时，则在车轮向右转 20°和车轮向左转 20°两个位置时，车轮平面会发生倾角变化，该倾角变化可由传感器内的角度测量仪测出。

同理，若存在主销内倾角，则在车轮向右转 20°和车轮向左转 20°两个位置时，垂直于车轮旋转平面内将发生倾角变化，该倾角变化也可由传感器内的角度测量仪测出。

5）转向 20°时前张角检测原理

汽车使用时，由于转向轮长期在凹凸不平的路面上行驶和经常使用紧急制动等，使转向轮经常受到碰撞和冲击而引起汽车转向梯形臂变形，会造成汽车在转向行驶过程中转向轮的轮胎异常磨损、操纵性变差，并影响汽车的安全行驶。为了检测汽车的转向梯形臂与各连杆是否发生变形，在四轮定位检测中设置了转向 20°时前张角的检测项目。

检测前张角时，使被检车辆转向轮停在转盘中心，转动转向盘使右转向轮向右转 20°后，读取左转向轮下转盘上的刻度值 θ_1，$20°-\theta_1$ 即为向右转向 20°时的前张角；使左转向轮沿直线行驶方向向左转 20°后，读取右转向轮下转盘上的刻度值 θ_2，$20°-\theta_2$ 即为向左转向 20°时的前张角。

一般汽车在出厂时，使用说明书上均给出了前张角的合格范围，将测量值与规定值进行比较即可检测出汽车转向轮的转向梯形臂和各连杆是否发生了变形。若其超出规定值或左、右转向前张角不一致，则需要校正、调整或更换转向梯形臂和各连杆。

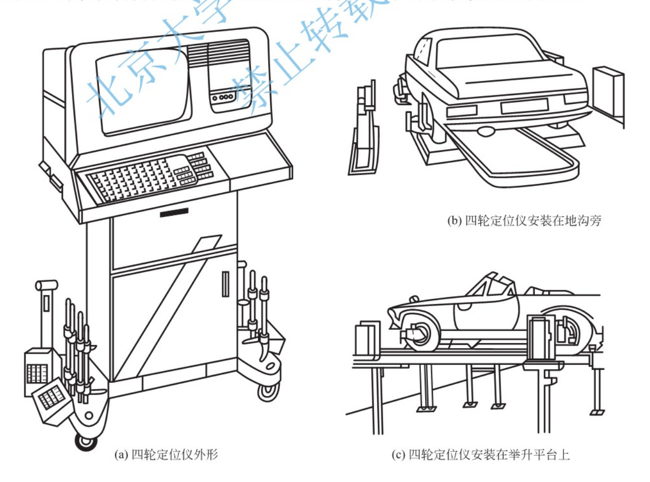
4. 四轮定位仪及其使用方法

以下介绍四轮定位仪及其使用方法。

1）四轮定位仪的构成及安装位置

目前常用的四轮定位仪有拉线式、光学式、微机拉线式、微机激光式和微机蓝牙式等多种，虽然其基本检测原理相同，但使用方法有很大差异，为此在使用前应认真阅读四轮定位仪的使用说明书。以下以微机式四轮定位仪为例介绍其检测步骤和注意事项。

微机式四轮定位仪由主机、前后车轮检测传感器、传感器支架、转盘、刹车锁、转向盘锁及导线等零部件构成，如图 4.33(a)所示为微机式四轮定位仪主机外形图。



(a) 四轮定位仪外形

(b) 四轮定位仪安装在地沟旁

(c) 四轮定位仪安装在举升平台上

图 4.33　四轮定位仪外形及安装图

为便于检测和调整，被检汽车需放在地沟上或举升平台上(以下以汽车放在举升平台上为例)，地沟或举升平台应处于水平状态，四轮定位仪则安装在地沟两旁或举升平台上，如图 4.33(b)和图 4.33(c)所示。

2) 对被检车辆的基本要求

在检测汽车的四轮定位时，被检车辆应满足以下要求。

(1) 前后轮胎气压及胎面磨损基本一致。

(2) 前后悬架系统的零部件完好、不松旷，减振器性能良好、不漏油。

(3) 转向系统调整适当，不松旷。

(4) 汽车前、后高度与其标准值的差不大于 5mm。

(5) 制动系统正常。

3) 检测过程

(1) 检测前的准备。

① 汽车开上举升平台，托起 4 个车轮，把汽车举升 0.5m(第一次举升)。

② 托住车身适当部位，把汽车举升至车轮能够自由转动(第二次举升)。

③ 拆下各车轮，检查轮胎磨损情况。

④ 检查轮胎气压，不符合标准时应充气或放气。

⑤ 做车轮的动平衡，动平衡完成后，把车轮装好。

⑥ 检查车身高度，检查车身 4 个角的高度和减振器技术状况，如车身不平应先调平；同时检查转向系统和悬架是否松旷，如松旷则应先紧固或更换零件。

(2) 检测步骤。

① 把传感器支架安装在轮辋上，再把传感器(定位校正头)安装到支架上，并按使用说明书的规定进行调整。

② 开机进入测试程序，输入被检汽车的车型和生产年份。

③ 轮辋变形补偿：转向盘位于直行位置，使每个车轮旋转一周，即可把轮辋变形误差输入微机。

④ 降下第二次举升量，使车轮落到平台上，把汽车前部和后都向下压动 4～5 次，使其进行压力弹跳。

⑤ 用刹车锁压下制动踏板，使汽车处于制动状态。

⑥ 把转向盘左转至微机发出“OK”声，输入左转角度；然后把转向盘右转至微机发出“OK”声，输入右转角度。

⑦ 把转向盘回正，微机屏幕上显示出后轮的前束及外倾角数值。

⑧ 调正转向盘，并用转向盘锁锁住转向盘使之不能转动。

⑨ 把安装在 4 个车轮上的定位校正头的水平仪调到水平线上，此时微机屏幕上显示出转向轮的主销后倾角、主销内倾角、转向轮外倾角和前束的数值。

⑩ 调整主销后倾角、主销内倾角车轮外倾角及前束，调整方法可按微机屏幕提示进行；若调整后仍不能解决问题，则应更换有关零、部件。

⑪ 进行第二次压力弹跳，将转向轮左、右转动，把车身反复压下后，观察屏幕上的数值有无变化，若数值变化应再次进行调整。

⑫ 若第二次检查未发现问题，则应将调整时松开的部位紧固。

⑬ 拆下定位校正头和支架，进行路试，检查四轮定位检测调整效果。

4）注意事项

四轮定位仪是精密检测设备，操作人员在使用前须经专门培训，并认真阅读使用说明书。一般说来，在四轮定位仪的使用过程中应注意以下事项。

(1) 使用前，检查四轮定位仪所配附件是否与使用说明书上列出的清单相符，设备安装时要遵循使用说明书所提出的各项要求。

(2) 对于光学式四轮定位仪中的投影仪(或投光器) 应细心维护，并经常进行调整；传感器是微机式四轮定位仪的重要元件，使用前要进行校正，以保证测试精度。

(3) 传感器应正确地安装在传感器支架上，在不使用时应妥善保管，避免受到损坏；电测类传感器应在接线完毕后再通电，以避免带电接线引起电磁振荡而损坏。

(4) 移动四轮定位仪时，应避免使其受到震动，否则可能使传感器及微机受到损坏。

(5) 四轮定位仪应半年标定一次，标定时应使用购买时所带专用标定器具，并按规定程序进行标定。

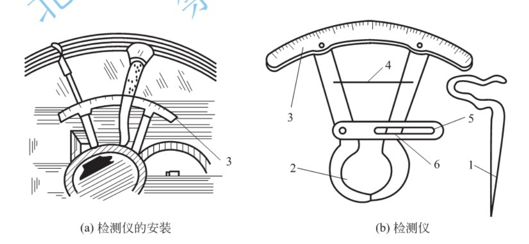
(6) 在检测四轮定位前，须进行车轮传感器偏摆补偿，否则会引起较大的测量误差。

4.3.3　转向盘自由转动量和转向力检测

转向盘自由转动量，是指汽车转向轮保持直线行驶位置静止不动时，轻轻左、右晃动转向盘所测得的游动角度。转向盘的转向力，是指在一定行驶条件下，作用在转向盘外缘的圆周力。这两个参数主要用来诊断转向轴和转向系统中各零件的配合状况。

1. 转向盘自由转动量检测

转向盘自由转动量采用专用检测仪进行检测。简易的转向盘自由转动量检测仪只能测试转向盘的自由转动量，主要由刻度盘和指针组成。刻度盘和指针分别固定在转向管柱和转向盘边缘上。固定方式有机械式和磁力式两种，机械式转向盘自由转动量检测仪如图 4.34所示。磁力式使用磁力座固定指针和刻度盘，其结构更为简单，使用更为方便。



(a) 检测仪的安装　(b) 检测仪

图 4.34　机械式转向盘自由转动量检测仪

1—指针；2—夹臂；3—刻度盘；4—弹簧；5—连接板；6—固定螺钉

测量时，应使汽车的两个转向轮处于直线行驶位置不动，轻轻向左(或向右)转动转向盘至空行程一侧的极端位置(感到有阻力)，调整指针指向到刻盘零位。然后，再轻轻转动转向盘至另一侧空行程极端位置，指针所指示的刻度即转向盘自由转动量。

2. 转向盘转向力检测

转向盘转向力采用转向参数测量仪或转向测力仪进行检测。国产 ZC－2 型转向参数测量仪是以微机为核心的智能仪器，具有测试转向盘自由转动量、转向角和转向力的功能。该仪器由操纵盘、主机箱、连接叉和定位杆 4 部分组成，如图 4.35 所示。操纵盘实际上是一个附加转向盘，用螺栓固定于三爪底板上，底板与连接叉间装有力矩传感器，以测出转向时的操纵力矩；连接叉通过装在其上的长度可伸缩的活动卡爪与被测转向盘连接；主机箱固定在底板中央，内装力矩传感器、接口板、微机板、转角编码器、打印机和电池等；从底板下伸出的定位杆，通过磁座吸附在驾驶室内仪表盘上。定位杆的内端与装在主机箱下部的光电装置连接。

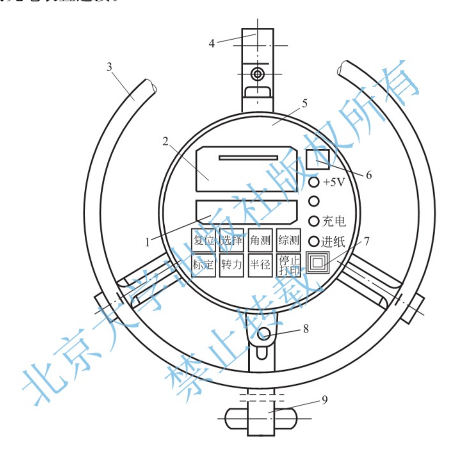


图 4.35　ZC－2 型转向参数测量仪

1—显示器；2—打印机；3—操纵盘；4—连拉叉；5—主机箱；
6—电压表；7—电源开关；8—固定螺栓；9—定位杆

测量时，把转向测量仪对准被测转向盘中心，调整好 3 个伸缩爪的长度，使之与转向盘牢固连接后，转动操纵盘的转向力通过底板、力矩传感器、连接叉传递到被测转向盘上，使转向轮偏转，从而实现汽车转向。此时，力矩传感器把转向力矩转变成电信号，定位杆内端所连接的光电装置将转向角的变化转化为电信号。这两种信号输送至主机箱后，由装在其内的微机自动完成数据采集、转角编码、运算、分析、存储、显示并打印出所测结果。

3. 诊断参数标准

根据国家标准 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，机动车转向盘的自由转动量和转向力应符合以下要求。

(1) 转向盘自由转动量。机动车方向盘的最大自由转动量不允许大于以下值。

① 最高设计车速不小于 100km/h 的机动车为 20°。

② 三轮汽车为 45°。

③ 其他机动车为 30°。

(2) 转向盘转向力。机动车在平坦、硬实、干燥和清洁的水泥或沥青道路上行驶，以 10km/h 的速度在 5s 之内沿螺旋线从直线行驶过渡到直径为 24m 的圆周行驶，施加于方向盘外缘的最大切向力不应大于 245N。

4.3.4 转向系统常见故障诊断

汽车转向系统常见的故障类型有：转向盘自由转动量过大、转向沉重、直行自动跑偏、前轮摆振等。这些故障现象通常为综合性故障，其故障原因除了与转向系统有关外，还与轮胎、悬架、车身、车架、车轴等有关。

1. 转向盘自由转动量过大

以下对转向盘自由转动量过大的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车保持直线行驶位置静止不动时，轻轻来回晃动转向盘，感到游动角度很大。

(2) 故障原因。

① 转向器内主、从动啮合部位松旷或主、从动部分的轴承松旷。

② 转向盘与转向轴连接部位松旷。

③ 转向器垂臂轴与垂臂连接部位松旷。

④ 转向轴万向节或伸缩花键磨损过甚。

⑤ 各拉杆球头连接处松旷。

⑥ 转向节与主销配合间隙过大。

⑦ 轮毂轴承松旷。

(3) 故障诊断与排除方法。转向盘自由转动量过大的故障诊断与排除流程图 4.36 所示。

2. 转向沉重

以下对转向沉重的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车行驶中驾驶员向左、右转动转向盘时，感到沉重费力，且无回正感；当汽车低速转弯行驶和调头时，转动转向盘感到超乎正常的沉重，甚至打不动。

(2) 故障原因。

① 轮胎气压不足。

② 前轴或车架变形造成前轮定位失准。

③ 前稳定杆变形。

④ 转向节主销后倾角或内倾角过大。

⑤ 转向器主、从动部分与其轴承配合过紧或主、从动部分的啮合间隙过小。

⑥ 转向器缺油或无油。

⑦ 转向器的转向轴弯曲或其支承轴承损坏。

⑧ 转向纵、横拉杆球头连接处调整过紧或缺油。

⑨ 转向节止推轴承缺油或损坏。

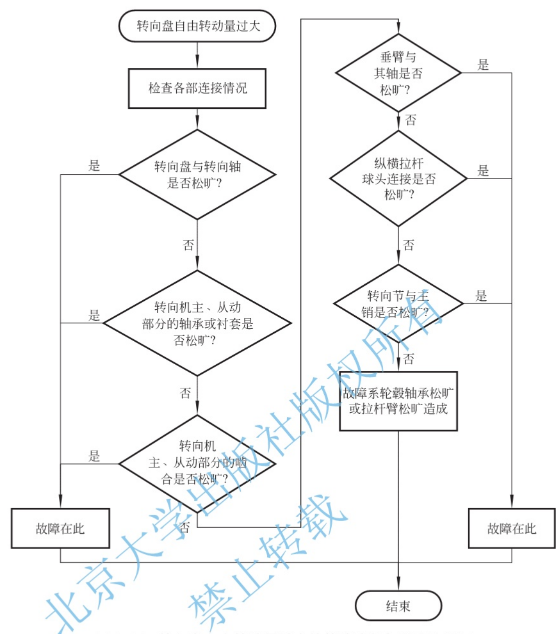


图 4.36　转向盘自由转动量过大的故障诊断与排除流程图

⑩ 转向节主销与转向节衬套配合过紧或缺油。

(3) 故障诊断与排除方法。转向沉重的故障诊断与排除流程如图 4.37 所示。

3. 直行自动跑偏

以下对直行自动跑偏的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车在行驶过程中，行驶方向自动偏向一侧，不易保持直线行驶，操纵困难。

(2) 故障原因。

① 左、右轮胎气压不一致或磨损程度不同。

② 左、右前悬架刚度不同。

③ 四轮定位失准。

④ 前梁、车架或车身变形。

⑤ 左、右侧轴距差超出规定值。

⑥ 车轮有单边制动或拖滞现象。

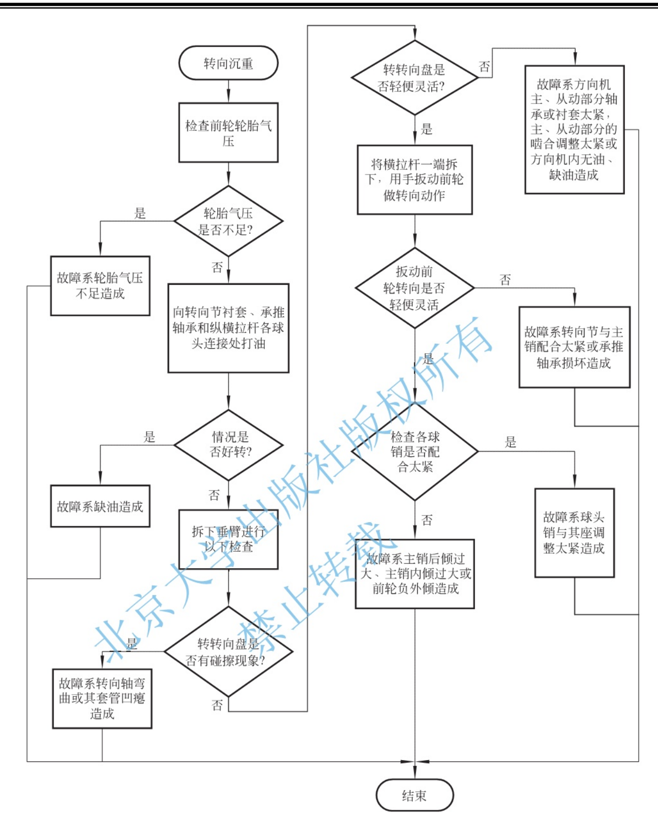


图 4.37　转向沉重的故障诊断与排除流程图

⑦ 转向轮单边轮毂轴承装配过紧或损坏。

(3) 故障诊断与排除方法。直行自动跑偏的故障诊断与排除流程如图 4.38 所示。

4. 前轮摆振

以下对前轮摆振的故障进行分析。

(1) 故障现象。汽车在某一速度范围内行驶时，有时出现 2 个前轮各自围绕主销进行角振动的现象。严重时握转向盘的手有麻木感，甚至可以感觉到整个车头在晃动。

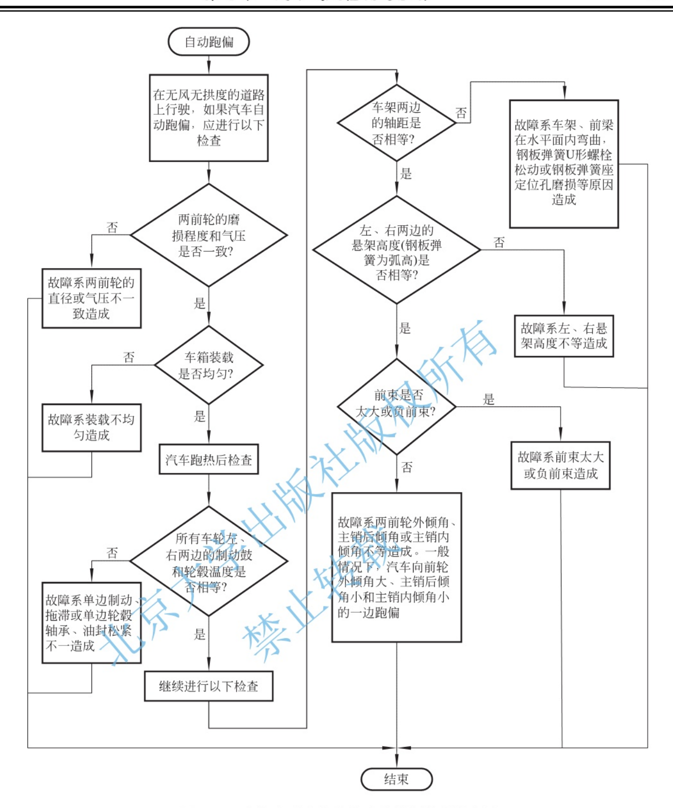


图 4.38　直行自动跑偏的故障诊断与排除流程图

(2) 故障原因。

① 前轮旋转质量不平衡。

② 转向系统各部位配合间隙过大。

③ 转向轮定位失准。

④ 转向轮径向圆跳动量或端面圆跳动量过大。

⑤ 前梁、车架或车身变形。

⑥ 转向系统与前悬挂发生运动干涉。

⑦ 左、右前悬架刚度不同。

⑧ 转向轮轮毂轴承松旷。

⑨ 转向机总成的固定部位松动。

(3) 故障诊断与排除方法。前轮摆振的故障诊断与排除流程如图 4.39 所示。

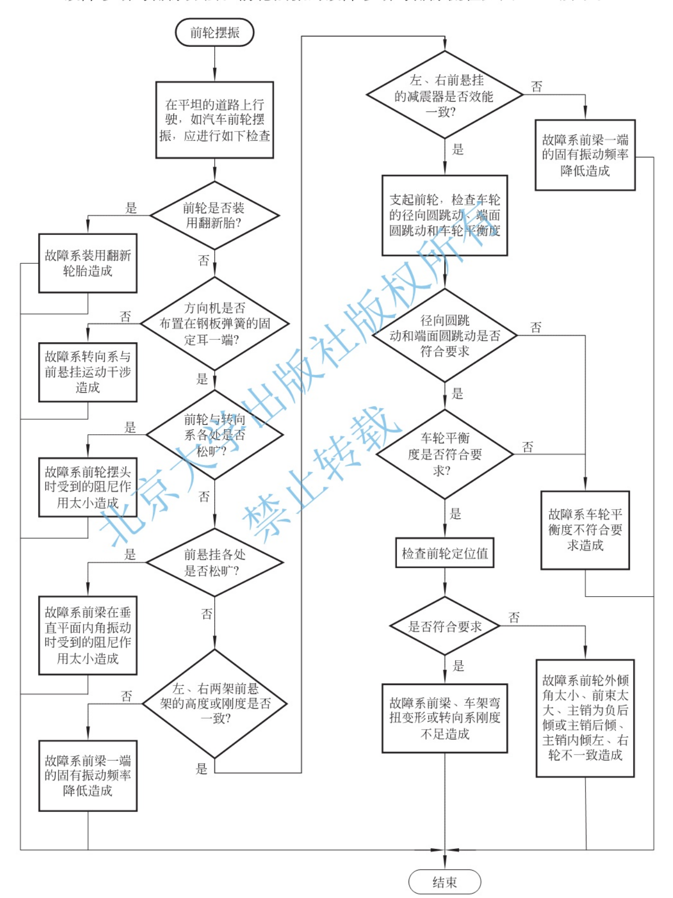


图 4.39　前轮摆振的故障诊断与排除流程图

5. 液力式动力转向系统故障诊断

液力式动力转向系统的主要故障现象有转向沉重、漏油、异响、转向不稳和油压低等。

(1) 故障原因。液力式动力转向系统各种故障的原因除了前面介绍的机械部分的原因外，还包括下面介绍的液压系统的原因。

① 转向沉重故障原因。液压油不足或混入空气；液压泵传动带松旷；液压泵技术状况不良，不能产生正常油压；液压系统中有漏油现象；转向器内存在故障。

② 漏油故障原因。液压管路接头松动；液压油管损伤；液压泵、转向器的密封垫或密封胶圈损伤或紧固螺钉松动。

③ 异响故障原因。液压油不足；液压泵传动带打滑；液压泵内部机件磨损过度；转向器内部机件磨损过度。

(2) 故障诊断。在液力式动力转向系统的故障诊断过程中，在排除了机械部分的故障原因后，应主要对液力系统进行检查。

① 检查液压泵传动带的松紧度。

② 检查工作油温：发动机怠速运转，左、右转动转向盘数次，检查液力系统的工作油温能否达到标准值。

③ 检查储油罐的储油量是否在规定范围内；检查液压油是否起泡、发白，以此判断液力系统中是否有空气渗入。

④ 检查油管是否有漏油现象。

⑤ 检查液压泵输出油压：按如图 4.40 所示连接压力表，发动机怠速运转，在关闭截止阀的情况下，测量输出油压，并把测试结果与标准值比较；如果所测油压低于标准值，则说明液压泵存在故障；试验过程中，关闭截止阀的时间不应超过 10s，以免对液压泵造成不良影响。

⑥ 检查转向器有效油压：按如图 4.40 所示连接压力表，发动机怠速运转，在截止阀完全打开并将转向盘转至极限位置的情况下，油压表指示压力应符合原厂规定；若油压过低或油压表指针抖动，说明转向器内部有泄漏。

⑦ 检查转向器的回油压力：把油压测试仪装在动力转向器回油管路中，发动机处于怠速工况，此时指示油压应小于 0.5MPa；若回油压力过大，会造成转向沉重，说明回油管堵塞或压瘪，回油阻力过大。

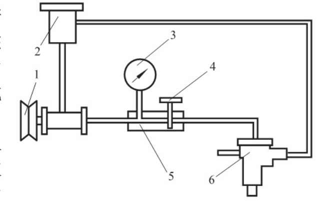


图 4.40　油压测试仪与系统的连接

1—转向液压泵；2—储油罐；3—压力表；4—截止阀；5—油压测试仪；6—动力转向器

6. 电子控制动力转向系统故障诊断

以下对电子控制动力转向系统故障诊断进行分析。

(1) 电子控制动力转向系统的特点。电子控制动力转向系统有许多液力式动力转向系统所不具备的特点，主要有以下几点。

① 电动机、减速装置、转向器等装配成一个整体，既无管道也无控制阀，结构紧凑、

质量小。

② 没有液力式动力转向系统所必需的常运转油泵，电动机仅在需转向时接通电源转动，节省发动机动力。

③ 没有液压系统，不需要给液压泵补充液压油，也不必担心漏油，工作可靠。

④ 能根据不同情况产生适应各种车速的动力转向，不受发动机停止运转的影响。

(2) 电子控制动力转向系统的性能评价参数。电子控制动力转向系统的性能评价参数包括最大操纵力、操纵力特性、动力转向作用系数(即动力转向不起作用与起作用时的操纵力之比，一般约为1.5～1.7)、助力的左、右对称性、转向盘空程(动力开始起作用时转向盘的转角)等，主要以操纵力特性和动力转向作用系数进行评价。

(3) 电子控制动力转向系统的工作原理及自诊断系统。控制装置是电子控制动力转向系统的核心，其结构原理如图4.41所示。

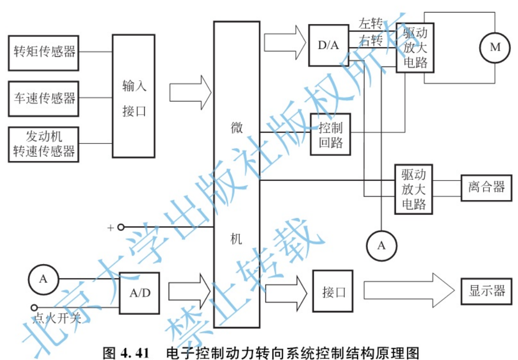


图4.41 电子控制动力转向系统控制结构原理图

转向盘转矩信号和车速信号经过输入接口送入微机，随着车速升高，微机控制相应地减小动力电动机电流，以减小动力力矩。发动机转速信号也被送入微机，发动机处于怠速时，因供电不足，动力电动机和离合器不工作。点火开关的通、断信号经A/D转换接口送入微机，点火开关断开时，电动机和离合器不能工作，微机控制指令经D/A转换接口送入电动机和离合器的驱动放大电路，控制电动机的旋转方向和离合器的离合。电动机的电流经驱动放大回路、电流表A和A/D转换接口反馈给微机，比较电动机的实际电流和按微机指令应给的电流，并调节电动机的实际电流，使二者趋于一致。

电子控制动力转向系统的基本功能是根据转向作用力产生动力转矩，同时系统还具有自诊断和安全功能。当出现任何一种故障时，系统均可显示出相应的故障码。通常，电子控制动力转向系统有30多种故障检查项目，如果系统同时出现两个以上故障时，可依次显示其故障码。系统的安全功能可确保转向系统正常工作，即使当转向系统的某些部分出现故障时，也能连续安全运行。而且系统能迅速地检测出故障，以便采取相应的安全措施。通常采用的安全措施是停止动力转矩控制或限制动力转矩控制。

停止动力转矩控制是指当系统的基本部件(如转矩传感器、电流传感器、动力装

置及其连接线等)出现故障时，离合器断开，电源继电器释放，从而停止动力转矩控制。

限制动力转矩控制功能的作用为力图防止系统可能出现的故障。一旦出现蓄电池电压降低、动力装置过热等易于导致系统故障的现象，系统就会执行该功能。此外，为防止过热，系统对连续几分钟之内的电流消耗进行监控，且保持电流消耗不超过预先规定的数值，当平均电流消耗过大时，系统也会执行该功能。

(4) 电子控制动力转向系统故障诊断。如果电子控制动力转向系统存在故障，接通点火开关后，仪表盘上的电子控制动力转向故障指示灯会点亮；对电子控制动力转向系统的故障采用专用检码器或通用检码器进行诊断。

4.4　车轮平衡度检测

随着公路质量的提高和汽车技术的进步，汽车的行驶速度越来越高。在高速行驶条件下，由于车轮不平衡所引起的车轮跳动和摆振，对于汽车的行驶平顺性、乘坐舒适性、操纵稳定性和安全行车的影响更为严重；此外，轮胎及有关机件的磨损和冲击加剧，也缩短了汽车的使用寿命，增加了汽车运输成本。因此，车轮平衡检测已越来越引起人们的重视，车轮平衡度已成为汽车检测项目之一。

4.4.1　基本知识

1. 车轮静不平衡

支起车轴，调整好轮毂轴承松紧度，用手轻轻转动车轮，使其自然停转。在停转的车轮离地最近处做一标记，然后重复上述试验多次。如果每次试验结束时标记都停在离地最近处，则说明车轮静不平衡。这个车轮上所做的标记点称为不平衡点或垂点。反之，若车轮经几次转动自然停转后所做标记的位置各不一样，或强迫停转消除外力后车轮也不再转动，则说明车轮是静平衡的。

静平衡的车轮，其重心与旋转中心重合；静不平衡的车轮，其重心与旋转中心不重合，由于静不平衡质量的存在，使车轮在旋转时产生离心力，如图 4.42 所示。图中离心力 F 的大小为

$$F=mr\omega^2 \qquad (4-8)$$

式中，m——不平衡点质量(kg)；

ω——车轮旋转角速度，$\omega=2\pi n/60$(rad/s)；

n——车轮转速(r/min)；

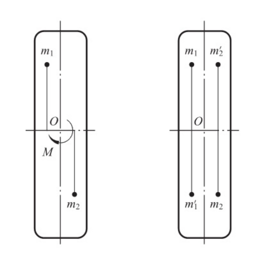
r——不平衡点质量离车轮旋转中心的距离(m)。

图 4.42　车轮不平衡产生的离心力

从式中可以看出，车轮转速 n 越高，不平衡点质量 m 越大，不平衡点质量离车轮旋转中的距离 r 越大，则离心力 F 越大。

离心力 F 可分解为水平分力 F_x 和垂直分力 F_y。在车轮转动一周中，垂直分力 F_y 有两次落在通过车轮中心的垂线上，一次在 a 点，一次在 b 点，方向相反，均达到最大值，

使车轮上、下跳动，并由于陀螺效应引起前轮摆振。水平分力 F_x 有两次落在通过车轮中心的水平线上，一次在 c 点，一次在 d 点，方向相反，均达到最大值，使车轮前后窜动，并形成绕主销来回摆动的力矩，造成前轮摆振。当左、右前轮的不平衡质量相互处于 180°位置时，前轮摆振最为严重。



(a) 车轮静平衡但动不平衡　　(b) 车轮动平衡

图 4.43　车轮平衡示意图

2. 车轮动不平衡

即使是静平衡的车轮，即车轮的重心与旋转中心重合，也可能是动不平衡的。这是因为车轮的质量分布相对车轮纵向中心面不对称造成的。在图 4.43(a)中，车轮是静平衡的，在该车轮旋转轴线的径向相反位置上，各有一作用半径相同、质量也相同的不平衡点 m_1 与 m_2，且不处于同一平面内。对于这样的车轮，其不平衡点的离心力合力为零，而离心力的合力矩不为零，转动中产生方向反复变动的力偶 M，使车轮处于动不平衡中。动不平衡的前轮绕主销摆振。如果在 m_1 与 m_2 同一作用半径的相反方向上配置相同质量 m_1' 与 m_2'，则车轮处于动平衡中，如图 4.43(b)所示。动平衡的车轮肯定是静平衡的，对车轮主要应进行动平衡检验。

3. 车轮不平衡原因

车轮不平衡原因有以下几点。

(1) 轮毂、制动鼓(盘)加工时定心定位不准、加工误差大、非加工面铸造误差大、热处理变形、使用中变形或磨损不均匀。

(2) 轮胎螺栓质量不等及轮辋质量分布不均匀或径向、端面圆跳动太大。

(3) 轮胎质量分布不均匀、尺寸或形状误差大、使用中变形或磨损不均匀、使用翻新胎或垫、补胎。

(4) 并装双胎的充气嘴未相隔 180°安装，单胎的充气嘴未与不平衡点标记相隔 180°安装。

(5) 轮毂、制动鼓(盘)、轮胎螺栓、轮辋、内胎、衬带、轮胎等拆卸后重新组装成车轮时，累计的不平衡质量或形位偏差太大，破坏了原来的平衡。

4.4.2　车轮平衡机的类型和检测原理

1. 车轮平衡机的类型

车轮平衡机有多种分类方式。

(1) 按功能可分为车轮静平衡机和车轮动平衡机。

(2) 按测量方式可分为离车式车轮平衡机和就车式车轮平衡机。前者需从车上拆下被测车轮，装到平衡机转轴上进行测量，后者则可在不拆卸车轮的状况下进行检测。

(3) 按平衡机转轴的支承方式可分为软式车轮平衡机和硬式车轮平衡机。前者的转轴由弹性元件支承，当装在转轴上的车轮不平衡时，转轴和车轮在转动过程中发生振动，通过对振动的强弱和相位的测量来检测车轮的不平衡量；后者的转轴则由刚性元件支承，通

过测量车轮不平衡点在车轮旋转时产生的离心力来检测车轮的不平衡量。

凡可测定车轮左、右两侧的不平衡量及其相位的车轮平衡机，称为两面测定式车轮平衡机。

2. 车轮平衡机的检测原理

以下介绍车轮平衡机的检测原理。

(1) 离车式车轮平衡机的检测原理。在离车式车轮平衡机中，目前应用最多的是硬式两面测定车轮动平衡机，如图 4.44 所示。该平衡机主要由驱动机构、转轴与支承装置、机箱、制动装置和防护罩等构成。其中：驱动机构由电动机、传动装置构成，驱动转轴旋转使安装在其上的车轮达到所要求的平衡转速；车轮在转轴上的安装位置如图 4.45 所示。转轴由两盘滚动轴承支承，两盘轴承内分别组装有检测动反力的传感器，传感器产生的电信号输送至控制装置，转轴外端通过锥体和快速拆装螺母固定被测车轮；显示与控制装置多采用微机式，能将传感器传来的电信号通过微机运算、分析、判断后，显示出不平衡量及相位；车轮防护罩用于防止车轮旋转时其上的平衡块或花纹中的夹杂物飞出伤人；制动装置可使车轮快速停转。

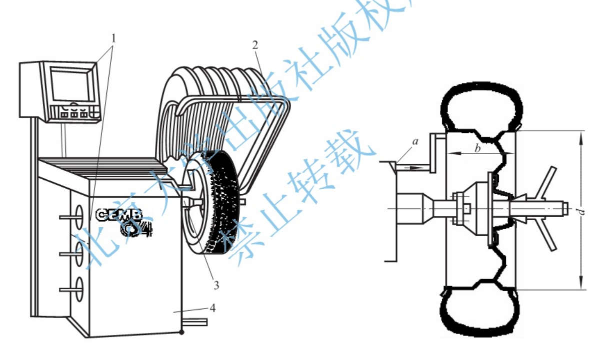


图 4.44　离车式车轮平衡机

1—显示与控制装置；2—防护罩；3—转轴；4—机箱

图 4.45　车轮在转轴上的安装位置

a—轮辋边缘至机箱距离；b—轮辋宽度；d—轮辋直径

(2) 就车式车轮平衡机的检测原理。如图 4.46 所示为就车式车轮动平衡机外形图，如图 4.47 所示为其结构示意图。就车式车轮动平衡机由驱动装置、测量装置、指示与控制装置、制动装置等构成，并装在手推小车上。其中：驱动装置由电动机和由其驱动的转轮构成，电动机驱动转轮旋转时，可将转轮贴紧车轮的胎面，带动其旋转；测量装置由传感磁头、可调支杆和底座构成，测试时，传感磁头可吸附在独立悬架下臂或非独立悬架的转向节处，通过可调支杆可将不平衡车轮旋转时产生的振动传给底座，装在底座中的传感元件将振动转化成电信号，指示与控制装置由频闪灯和不平衡度表或数字显示屏构成，在

接收到传感元件传来的电信号后，不平衡度表根据其强弱指示出不平衡量的大小，频闪灯用于测出车轮不平衡点的位置。

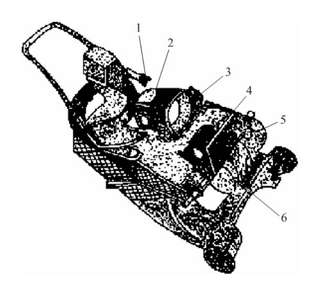


图 4.46　就车式车轮动平衡机

1—传感磁头；2—不平衡度表；3—频闪灯；4—制动板；5—电动机；6—转轮

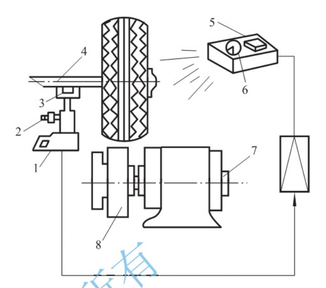


图 4.47　就车式车轮动平衡机结构原理图

1—底座；2—可调支杆；3—磁头；4—转向节；5—不平衡度表；6—频闪灯；7—电动机；8—转轮

4.4.3　车轮不平衡检测原理

1. 静不平衡

静不平衡可在离车式或就车式车轮平衡机上检测。

被测车轮装在离车式车轮平衡机的转轴上时，若车轮存在静不平衡，则在自由转动状态下，车轮将停止在不平衡点处于最低的位置；在相反方向进行配重平衡后，当在转动结束可停止于任一位置时，车轮则处于静平衡状态。利用这一基本原理即可测得静不平衡的质量和相位。

利用就车式车轮平衡机检测车轮静不平衡的原理如图 4.48 所示。检测过程中，车轮被支离地面，其重力通过传感器、可调支杆传递到底座。如果被测车轮存在静不平衡，则高速旋转时产生离心力所引起的上、下振动，通过转向节或悬架作用于检测装置的传感磁头、可调支杆和底座内的传感器。传感器把感受到的脉冲压力信号转变为脉冲电信号控制频闪仪的闪光时刻，闪光照射到车轮上的位置反映不平衡点的相位，电信号强弱输入指示与控制装置后，则显示出不平衡度。

2. 动不平衡

动不平衡的车轮安装在离车式硬支承平衡机的转轴上高速旋转时，所产生的离心力在支承装置上产生动反力，测出支承装置所受的动反力即可测得不平衡量。其检测原理如图 4.49所示。

图中，m_1、m_2 为车轮不平衡点质量，车轮旋转时所产生的离心力分别为 F_1 和 F_2，结构尺寸 a、b、c、d 如图所示。硬支承平衡机的测试、校正原理是根据支承处的动反力 N_L、N_R 确定两校正面上离心力 F_1 和 F_2 的大小，根据 F_1、F_2 确定两校正面所需的平衡块质量和安装方位。其测量点在轴承处，而校正面选在轮辋两边缘。根据平衡条件，有

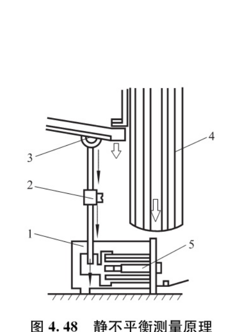


图 4.48　静不平衡测量原理

1—底座；2—可调支杆；3—传感磁头；4—车轮；5—传感器

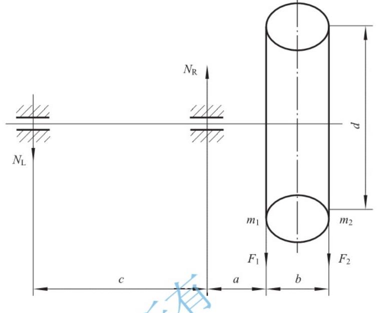


图 4.49　车轮平衡检测原理

a—轮辋边缘至右支承的距离；*b*—轮辋宽度；*c*—左、右支承距离；*d*—轮辋直径

$$N_R-N_L-F_1-F_2=0 \tag{4-9}$$

$$F_1(a+c)+F_2(a+b+c)-N_Rc=0 \tag{4-10}$$

联解式(4－9)和(4－10)可得

$$F_1=N_L\frac{a+b+c}{b}-N_R\frac{a+b}{b} \tag{4-11}$$

$$F_2=N_L\frac{a+c}{b}-N_R\frac{a}{b} \tag{4-12}$$

由此可见，离心力 F_1、F_2 仅取决于动反力 N_L、N_R 及结构尺寸 a、b、c、d。对于某车轮平衡机和所测车轮而言，结构尺寸可视为常数。可事先输入控制装置，动反力 N_L、N_R 可用位移、速度或加速度传感器测出，由此可确定 F_1、F_2，并确定出平衡块质量和安装方位。

在就车式车轮平衡机上检测车轮动不平衡时，可将传感磁头固定在制动底板上。当动不平衡的车轮高速旋转时，不平衡质量所产生的离心力使车轮左、右摆振，在制动底板上产生横向振动。横向振动通过传感磁头、可调支杆传给底座内的传感器并把振动转化成电信号，电信号控制频闪灯闪光，以指示车轮不平衡点位置，并由指示装置显示出车轮的不平衡量。

4.4.4　车轮不平衡检测方法

不同类型的车轮平衡机其使用方法存在一定的差异，使用时应仔细阅读使用说明书。车轮不平衡的一般检测方法如下。

1. 离车式车轮平衡机的使用方法

离车式车轮平衡机的使用方法介绍如下。

(1) 准备工作。

① 拆除轮辋上的旧平衡块。

② 清除胎面上的泥土和嵌在花纹中的泥土和石子等。

③ 轮胎气压应达到规定值。

④ 检查车轮平衡机并预热 5min 左右。

⑤ 提起车轮定位尺，以便使被测车轮定位。

⑥ 根据轮辋中心孔大小选择锥体，并把车轮装在转轴上，用快速螺母紧固。

(2) 检测步骤。

① 测量轮辋宽度 b、轮辋直径 d 和轮辋边缘至机箱距离 a，并输入到指示与控制装置。

② 按下车轮定位尺并放下车轮防护罩。

③ 按下起动按钮，转轴带动车轮旋转，开始测试。

④ 待显示出测量结果后，按停止按钮或踩制动踏板使车轮停转，并从指示装置上读取车轮内、外侧不平衡量和不平衡位置。

⑤ 根据检测结果，分别在轮辋内、外两侧安装平衡块。

⑥ 检查平衡结果，直至车轮不平衡量<5g，指示装置显示“00”或“OK”时，则车轮处于平衡状态。

⑦ 测试结束，切断电源，从转轴上取下车轮总成。

2. 就车式车轮平衡机的使用方法

就车式车轮平衡机的使用方法介绍如下。

(1) 准备工作。

① 用千斤顶支起车桥。

② 取掉车轮轮辋上的旧平衡块，清除胎面泥土和花纹中夹嵌的泥土、碎石。

③ 检查轮胎气压，使其达到规定值。

④ 检查车轮转动是否轻便，轮毂轴承是否松旷。

⑤ 在轮胎任意位置上用粉笔或胶带做标记，也可用气门嘴做标记。

(2) 测量步骤。

① 转向轮静平衡。

a. 用三角垫木塞贴紧另一侧车轮和后桥车轮，将传感磁头吸附在悬架或转向节下，调节好可调支杆高度并锁紧。

b. 使车轮平衡机转轮贴紧轮胎胎面，起动电动机带动车轮高速旋转，注意车轮旋转方向应与汽车前进时车轮旋转方向一致。

c. 用频闪灯照射车轮，确定标记在车轮轮胎上的位置，在指示装置显示出不平衡量数值后，利用平衡机上的制动装置使其停止转动。

d. 轻转车轮，使标记位于频闪灯下的观察位置，轮辋最上部即为平衡块的安装位置。

e. 根据指示装置所显示的不平衡量，在轮辋上加装平衡块。

f. 重复上述步骤复查测试，直至满足平衡要求。

② 转向轮动平衡。

a. 转向轮外转 45°，将传感磁头吸附在制动底板边缘平整之处。

b. 测量方法与转向轮静平衡的测量方法相同，但车轮平衡时，应在观察位置轮辋两

侧各安装一块平衡块，并使其相隔 180°，平衡后也需复查直至满足平衡要求。

③ 驱动轮平衡。驱动轮平衡与转向轮平衡的主要区别如下。

a. 用千斤顶支起后桥后，不必用三角垫木塞贴紧被测车轮另一侧的车轮。

b. 用发动机通过传动系统带动后轮以 50～70km/h 的速度稳定运转，而不再用平衡机转轮带动车轮旋转。

c. 传感磁头吸附在后桥尽可能靠近后轮的地方。

d. 测试结束后，用车轮制动器而不是用平衡机上的制动装置使车轮停止旋转。

其主要测试步骤与转向轮静、动平衡测试步骤相同。

4.5　制动系统检测与故障诊断

制动系统是汽车的重要组成部分，其技术状况的变化直接影响汽车行驶、停车的安全性。可以说，制动系统也是汽车检测与诊断的重点。

4.5.1　汽车制动性能诊断参数和标准

根据国家标准 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，汽车制动性能的评价指标主要包括：制动距离、制动时间、制动减速度和制动力等，并对汽车制动系统提出如下要求。

1. 路试检验制动性能

机动车行车制动性能和应急制动性能检验应在平坦、硬实、清洁、干燥且轮胎与地面间的附着系数不小于 0.7 的水泥或沥青路面上进行；检验时发动机应脱开。

1）行车制动性能检验

（1）用制动距离检验行车制动性能。机动车在规定的初速度下的制动距离和制动稳定性要求应符合表 4－4 中的规定。对空载检验制动距离有质疑时，可用表 4－4 中规定的满载检验制动距离的要求进行。

表 4－4　制动距离和制动稳定性要求

机动车类型	制动初速度/(km/h)	满载检验制动距离要求/m	空载检验制动距离要求/m	试验通道宽度/m
三轮汽车	20	≤5.0		2.5
乘用车	50	≤20.0	≤19.0	2.5
总质量不大于 3500kg 的低速货车	30	≤9.0	≤8.0	2.5
其他总质量不大于 3500kg 的汽车	50	≤22.0	≤21.0	2.5
其他汽车、汽车列车	30	≤10.0	≤9.0	3.0

制动距离是指机动车在规定的初速度下急踩制动踏板时，从脚接触制动踏板(或手触动制动手柄)时起至机动车停住时止，机动车驶过的距离。

制动稳定性要求：是指制动过程中机动车的任何部位(不计入车宽的部位除外)不允许超出规定宽度的试验通道的边缘线。

(2) 用充分发出的平均减速度检验行车制动性能。汽车、汽车列车在规定的初速度下急踩制动踏板时充分发出的平均减速度及制动稳定性应符合表 4-5 中的规定，且制动协调时间对液压制动的汽车不应大于 0.35s，对气压制动的汽车不应大于 0.6s，对汽车列车、铰接客车和铰接式无轨电车不应大于 0.8s。对空载检验的充分发出的平均减速度有质疑时，可用表 4-5 规定的满载检验充分发出的平均减速度进行。

充分发出的平均减速度 $FMDD$ 为

$$FMDD=\frac{v_b^2-v_e^2}{25.92(S_e-S_b)} \tag{4-13}$$

式中，$FMDD$——充分发出的平均减速度(m/s^2)；

v_0——制动初速度(km/h)；

v_b——$0.8v_0$ 时试验车辆的速度(km/h)；

v_e——$0.1v_0$ 时试验车辆的速度(km/h)；

S_b——在速度 v_0 和 v_b 之间车辆驶过的距离(m)；

S_e——在速度 v_0 和 v_e 之间车辆驶过的距离(m)。

制动协调时间是指在急踩制动踏板时，从脚接触制动踏板(或手触动制动手柄)时起至机动车减速度(或制动力)达到表 4-5 规定的机动车充分发出的平均减速度(或表 4-7 所规定的制动力)的 75%时所需的时间。

表 4-5　制动减速度和制动稳定性要求

机动车类型	制动初速度/(m/h)	满载检验充分发出的平均减速度/(m/s²)	空载检验充分发出的平均减速度/(m/s²)	试验通道宽度/m
三轮汽车	20	≥3.8		2.5
乘用车	50	≥5.9	≥6.2	2.5
总质量不大于 3500kg 的低速货车	30	≥5.2	≥5.6	2.5
其他总质量不大于 3500kg 的汽车	50	≥5.4	≥5.8	2.5
其他汽车、汽车列车	30	≥5.0	≥5.4	3.0

(3) 进行制动性能检验时的制动踏板力或制动气压应符合以下要求。

① 满载检验时。

气压制动系：气压表的指示气压≤额定工作气压；

液压制动系：踏板力，　乘用车≤500N；

其他机动车≤700N。

② 空载检验时。

气压制动系：气压表的指示气压≤600kPa；

液压制动系踏板力：　乘用车≤400N；

其他机动车≤450N。

③ 三轮汽车检验时，踏板力不应大于 600N。

(4) 汽车、汽车列车在符合上述规定的制动踏板力或制动气压下的路试制动性能若符合表 4－4 或表 4－5 中的要求，即为合格。

2) 应急制动性能检验

汽车(三轮汽车除外)在空载和满载状态下，按如表 4－6 所列初速度进行应急制动性能检验，即应急制动性能应符合表 4－6 的要求。

表 4－6　应急制动性能要求

机动车类型	制动初速度/(km/h)	制动距离/m	充分发出的平均减速度/(m/s^2)	允许操纵力不大于/N	
				手操纵	脚操纵
乘用车	50	≤38.0	≥2.9	400	500
客车	30	≤18.0	≥2.5	600	700
其他汽车(三轮汽车除外)	30	≤20.0	≥2.2	600	700

3) 驻车制动性能检验

在空载状态下，驻车制动装置应能保证机动车在坡度为 20%(对总质量为整备质量的 1.2 倍以下的机动车为 15%)、轮胎与路面间的附着系数不小于 0.7 的坡道上正、反两个方向保持固定不动，其时间不少于 5min。对于允许挂接挂车的汽车，其驻车制动装置必须能使汽车列车在满载状态时能停在坡度为 12%的坡道(坡道上轮胎与路面间的附着系数不应小于 0.7)上。

检验时操纵力应符合下列规定：手操纵时，乘用车不应大于 400N，其他机动车不应大于 600N；脚操纵时，乘用车不应大于 500N，其他机动车不应大于 700N。

2. 制动试验台检验制动性能

1) 行车制动性能检验

(1) 汽车、汽车列车在制动试验台上测出的制动力应符合表 4－7 中的要求。对空载检验制动力有质疑时，可用表 4－7 规定的满载检验制动力要求进行检验。

表 4－7　制动试验台检验制动力要求

机动车类型	制动力总和与整车重量的百分比		轴制动力与轴荷①的百分比	
	空　　载	满　　载	前　　轴	后　　轴
三轮汽车	≥45		—	≥60②
乘用车、总质量不大于 3500kg 的货车	≥60	≥50	≥60②	≥20②
其他汽车、汽车列车	≥60	≥50	≥60②	—
摩托车	—	—	≥60	≥55
轻便摩托车	—	—	≥60	≥50

注：① 用平板制动检验台检验乘用车时应按动态轴荷计算；
② 空载和满载状态下测试均应满足此要求。

摩托车及轻便摩托车的前、后轴制动力应符合表4-7的要求，测试时只允许乘坐一名驾驶员。

检验时制动踏板力或制动气压按前述的规定。

(2) 制动力平衡要求(两轮、边三轮摩托车和轻便摩托车除外)。在制动力增长全过程中同时测得的左、右轮制动力差的最大值与该轴左、右轮中制动力大者之比，对前轴不应大于20%；对后轴不应大于24%。当后轴(及其他轴)在轴制动力不小于该轴轴荷的60%时，在轴制动力增长过程中同时测得的左、右轮制动力差的最大值不应大于该轴轴荷的8%。

(3) 汽车的制动协调时间，对液压制动的汽车不应大于0.35s，对气压制动的汽车不应大于0.60s，汽车列车和铰接客车的制动协调时间不应大于0.8s。

(4) 汽车车轮阻滞力要求。进行制动力检验时各轮的阻滞力均不应大于该车轮所在轴轴荷的5%。

2) 驻车制动性能检验

当采用制动试验台检验汽车和正三轮摩托车驻车制动装置的制动力时，机动车空载，乘坐一名驾驶员，使用驻车制动装置，驻车制动力的总和不应小于该车在测试状态下整车重量的20%；(对总质量为整备质量1.2倍以下的机动车为不小于15%)。

当机动车经台架检验后对其制动性能有质疑时，可用前述规定的路试检验进行复检，并以满载路试的检验结果为准。

3. 汽车制动完全释放时间

汽车制动完全释放时间(从松开制动踏板到制动消除所需要的时间)不应大于0.8s。

4.5.2　汽车制动性能的检测方法

根据国家标准GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，机动车制动性能的检验方法可分为路试制动性能检验和台试制动性能检验两种。

机动车安全技术检验时，机动车制动性能的检验宜采用滚筒反力式制动检验台或平板制动检验台检验制动性能，其中前轴驱动的乘用车更适合采用平板制动检验台检验其制动性能。

不宜采用制动检验台检验制动性能的机动车及对台试制动性能检验结果有质疑的机动车应路试检验制动性能。

对满载与空载两种状态时后轴轴荷之比大于2.0的货车和半挂牵引车，宜加载(或满载)检验制动性能，此时所加载荷应计入轴荷和整车质量。加载至满载时，整车制动力百分比应按满载检验考核；若未加载至满载，则整车制动力百分比应根据轴荷按满载检验和空载检验的加权值考核。

1. 路试制动性能检验方法

路试制动性能检验方法是指利用必要的仪器，通过道路试验进行汽车制动性能的检测。常用的检测仪器有五轮仪和减速度仪，其中五轮仪有接触式和非接触式两种。

路式法虽然简便、直观，且不需要大型设备和占用厂房，但是路试法只能测出整车的制动性能，而且制动距离的长短和制动减速度的大小，往往受驾驶员操作方法、路面状况

和行驶条件的影响；不易确切判断不合格车辆的故障部位所在，对轮胎有较大的磨损，且需消耗一定的燃料；对全车各机件都有一定程度的损坏，还受到气候条件、场地的限制，且有造成事故的危险。

1）用接触式五轮仪检测制动性能

在道路试验中检测汽车整车性能时，经常要使用五轮仪，可以测出车辆行驶的距离、时间和速度。当五轮仪用于检测汽车制动性能时，能测出制动初速度、制动距离和制动时间。

（1）五轮仪的结构和工作原理。

五轮仪一般由传感器和记录仪两部分组成，并附带一个脚踏开关。传感器部分与记录仪部分由导线相连接。脚踏开关带有触点的一端套在制动踏板上，另一端插接在记录仪上。

传感器部分的作用是把汽车行驶的距离变成电信号。它一般由充气车轮、传感器、支架、减振器和连接装置等组成，如图 4.50 所示。

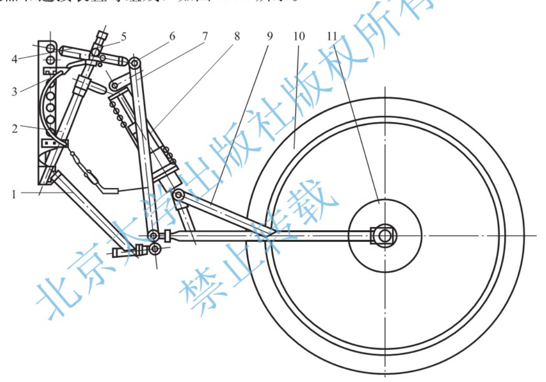


图 4.50　五轮仪传感器部分

1—下臂；2—调节机构；3—固定板；4—上臂；5—手把；6—活节头；
7—立架；8—减振器；9—支架；10—充气车轮；11—传感器

充气车轮为轮胎式，安装在支架上，支架通过连接装置固定在汽车的侧面或尾部的车身上。在减振器压簧的作用下，充气车轮紧贴地面，并随汽车的行驶而滚动。对于四轮汽车来说，安装上去的充气车轮就像汽车的第五轮一样，故称为五轮仪。当充气车轮在路面上滚动一周时，汽车行驶了充气车轮周长的距离。在充气车轮中心处安装有传感器，可以把轮子在路面上滚动过的距离变成电信号。

常用的传感器有光电式和磁电式两种。

光电式传感器是在轮子的中心一侧固定有圆形的光孔板，光孔板上沿圆周均布有若干小孔，在小孔的两侧分别装有光源和光敏管。光源和光敏管固定在支架上。当轮子转动

时，光孔板随之转动，每转过一个小孔，光源的光线穿过小孔照射光敏管一次，光敏管就产生一个电脉冲信号，并通过导线送入记录仪。

磁电式传感器也是安装在轮子的中心，由永磁环、线圈、内齿环、外齿盘和车轴等组成，并形成闭合磁回路。内齿环沿圆周加工有内齿，与充气车轮固装在一起。外齿盘沿圆周加工有外齿，与车轴固装在一起，车轴固装在支架上，工作中不转动。当轮子旋转时，内齿环围绕外齿盘转动，二者之间的间隙发生变化，于是闭合磁路的磁阻发生变化，通过线圈的磁通量发生变化，线圈两端则输出类似正弦波的电压信号。

记录仪部分的作用是把传感器部分送来的电信号和内部产生的时间信号，进行控制和计数并计算出车速，然后指示出来。

电子式记录仪(如 PT5－3 型五轮仪的记录仪)，是由测距、测时、测速、音响和稳压等部分组成的，整机各元件均安装在一个金属盒内，其面板图如图 4.51 所示。

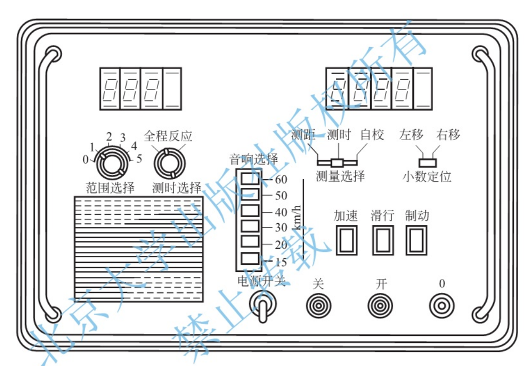


图 4.51　PT5－3 型五轮仪记录仪面板图

从传感器部分送来的电信号，经整形电路整形成矩形脉冲波后通过控制器，其中一路送入测距电路进行测距计数，再经数据选择器及译码器由荧光数码管直接显示汽车的行驶距离；另一路送入车速计数电路，通过时标电路以 0.36s 瞬时车速值通过寄存器、译码器由另一组数码管直接显示汽车的行驶速度。测时则是把从石英谐振器经分频电路取出 1kHz 的频率，通过控制器送入测时计数器进行以 ms 为单位的测时计数，并通过数据选择器、译码器由荧光数码管直接显示汽车行驶时间。制动系反应时间的检测是通过一个传感器即附有磁钢的摆锤完成的。当车辆制动时，从驾驶员的脚踩上制动踏板(脚踏开关的触点闭合)时开始时间计数，到车辆刚出现减速度，摆锤因惯性作用向前摆动，干簧管受摆锤磁钢影响闭合后送出闭合信号，数码管立即停止时间显示，因而测出了制动系统的反应时间。套在制动踏板上的脚踏开关，当驾驶员踩制动踏板时闭合，通过导线输入记录仪作为测量制动距离、制动系统反应时间和制动全过程时间等的开始信号。

计算机式记录仪(如 WLY－5 型微机五轮仪)，是以 MCS－52 系列的 8031 单片微机为核心的智能仪器，除能完成距离、速度和时间等参数的测量和数据处理外，还能存储全部

数据并能打印试验结果。该记录仪的面板图如图 4.52 所示。

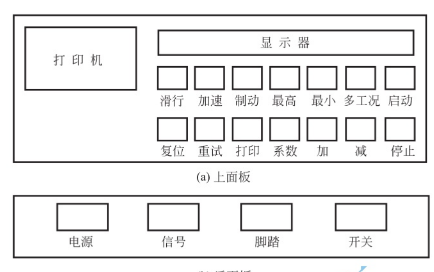


图 4.52　WLY－5 型微机五轮仪面板图

(2) 五轮仪的使用方法。

① 如果五轮仪自备电源，使用前应按使用说明书的要求，充电至规定电压。

② 试验前，汽车应运行至正常热状态。

③ 将传感器部分固定在汽车侧面或尾部的车身上，以不影响轮子左右摆动为准，并对轮子按规定进行充气。

④ 将记录仪放置在驾驶室内或车厢内，正面朝上，水平放置，其前端要对准汽车前进方向，并紧靠固定部位，以防制动时撞击。

⑤ 用信号线把传感器与记录仪连接起来；脚踏开关一端通过导线插接在记录仪上，另一端套在制动踏板上；如果用汽车蓄电池做电源，还应把电源线一端插接在记录仪上，另一端夹持在蓄电池正、负极上。

⑥ 打开记录仪电源开关，按使用说明书的要求检查与自校。如要求预热，应预热至规定时间。

⑦ 微机控制的五轮仪，使用前应首先进入初始化程序。一般而言，该种类型的五轮仪在电源开关打开后可自动进入初始化程序或通过键盘输入的方法进入初始化程序。

⑧ 凡要求置入五轮修正系数的五轮仪，均应按照使用说明书上的方法置入。如 WLY－5型微机五轮仪，只要把传感器部分的充气车轮转 10 周的距离(在路面上的实测值)输入记录仪即可。

⑨ 检测制动距离前，须将与制动有关的旋钮、开关或键拨到规定位置，并预选(按下对应的键或输入选择的值)制动初速度。

⑩ 检测制动距离时，按国家标准的有关规定，应在符合要求的道路条件和气候条件下，汽车空载或满载加速行驶，驾驶员根据记录仪上指示的瞬时车速或音响的提示，至预选制动初速度时，用力踩下制动踏板直至汽车停止。制动时的踏板力(可安装踏板测力计)或制动气压应符合规定要求。

⑪ 读取并打印检测结果。可读取并打印测得的制动初速度、制动距离、制动系统反应时间和制动全过程时间等检测结果。有的五轮仪还能读取制动减速度或打印速度—时

间曲线和减速度—时间曲线等，以上检测结果是实际试验结果。实际试验结果中的制动初速度不一定正好等于预选制动初速度，可能大于或小于预选制动初速度。有些微机式五轮仪可以将实际试验结果修正到预选制动初速度下的试验结果，以便直接与诊断参数标准对照。

⑫ 按记录仪“重试”或“复位”键，仪器复原，可重新进行制动试验。微机式五轮仪在打印结束后一般能自动回到初始化程序。

⑬ 检测制动性能应在同一路段正、反两个方向上进行，测得的制动距离及其他参数取平均值。汽车倒车时，应将传感器部分的充气车轮转向 180°或提离地面。

⑭ 试验结束后，关闭记录仪电源，拆卸电源线、信号线和脚踏开关，并从车身上拆下传感器部分。

2）用非接触式五轮仪检测制动性能

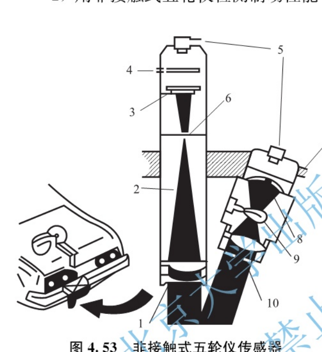


图 4.53　非接触式五轮仪传感器

1—物镜；2—反射光束；3—受光元件；4—前置放大器；5—接线柱；6—光栅；7—支架；8—反射镜；9—灯泡；10—面镜

非接触式五轮仪以计算机为核心部件，配以相应的 I/O 接口及外设，不需要与路面接触或设置任何测量标志，它由传感器和记录仪两部分组成。其传感器部分主要由一个光学系统和电池组成，如图 4.53 所示。这种传感器采用光电头相关滤波技术，工作时，安装在车身上的光电探测器(简称光电头)照射路面，由于路面图像的移动使光电池输出宽带随机信号，其主频与车速成正比关系，通过空间滤波器将与车速成正比的主频检出，送入记录仪部分进行速度运算和距离计算。

记录仪部分主要由单板机、微型打印机、控制器、显示器等组成。它们的作用是计算、处理传感器输送的信号和脚踏开关输送的开关信号，并显示或打印试验曲线及检测结果。

由于接触式五轮仪在测量时，其第五轮的滑动、跳动和轮胎气压变化都会引起误差，因而其测量精度较非接触式五轮仪低；同时在检测乘用车时，接触式五轮仪传感器的安装很不方便。非接触式五轮仪因其测量精度高、传感器安装方便(通过吸盘和支架安装)，所以，目前在汽车性能检测中得到了广泛的应用。

下面以国产 AM-2600S 非接触汽车性能测试仪为例进行介绍。

(1) 仪器概述。

AM-2600S 非接触汽车性能测试仪是机动车道路试验的智能化仪器。它以电脑为核心部件，配以相应的 I/O 接口和外设，用于汽车动力性能、经济性能和制动性能的测试。它综合了五轮仪、车用油耗仪、加速度仪等多种仪器的功能于一体，并具有数据存储、数据处理、打印测试结果和曲线的功能。使用该仪器对汽车的性能进行测试，操作灵活，携带方便、测量准确、工作稳定、读数直观，可大大提高测试精度和效率。

AM-2600S 非接触汽车性能测试仪的主要特点有以下 6 点。

① 综合性强。多路传感器可同时工作，由计算机自动检索测试开始条件和结束条件以消除操作误差。

② 以软代硬。在保证测试频率响应的前提下，尽量以软件代替硬件功能，使硬件线路简单可靠，便于维护，降低成本。

③ 具有数据存储和处理的功能，可直接打印计算结果及其曲线。

④ 具有自动标定系数之功能，可适应各种传感器的工作。

⑤ 增加了外接显示接口，为试验提供了方便。

⑥ 配置高速热敏打印机，显著提高了试验数据的打印速度。

(2) 测试系统简介。

AM－2600S 试验系统软件设计基于 Windows 系统，使用高级语言开发，采用图形界面，数据显示直观友好，操作方便。

软件系统具有如下特点。

① 数据存储系统采用 ACCESS 数据库格式，能够存储大量的试验数据，方便查询和维护。

② 试验参数设置为图形界面，操作方便、快捷。

③ 系统标定为纯软件方式，操作十分方便。

系统启动后自动进入试验系统，或者在桌面上单击<AM－2600S>进入，进入系统后显示如图 4.54 所示的界面。



图 4.54　AM－2600S 汽车性能试验数据处理系统界面

在界面任意位置单击鼠标，或者按任意键就进入试验系统的主界面，如图 4.55 所示。在主界面用户可以完成进行各种试验，查询维护试验数据，传感器标定，参数设置等各项功能。

整个界面由上而下分别为：下拉菜单、提示窗口、图形显示、功能按钮、文本显示、状态栏。

下拉菜单：系统各项功能都是通过选择下拉菜单的各个项目来实现的，用户既可以使



图 4.55　AM－2600S 汽车性能试验数据处理系统主界面

用鼠标单击，也可以使用相应的快捷键选择相应的功能。下拉菜单分为汽车性能测试、查询试验数据、传感器标定、系统设置、帮助。

提示窗口：在试验过程中显示必要的提示，引导用户进行各种试验。

图形显示：在试验过程中，以图形方式显示速度—时间曲线。

功能按钮：用来设置试验步距、开始/结束试验、系统复位、退出系统。

文本显示：在试验过程中，以文本方式显示各种试验数据。

状态栏：显示制造商信息，各种步距数值，系统状态，系统时间。

(3) 试验操作方法。

汽车制动试验是用来测试试验过程中时间、距离、速度的变化情况；打印制动距离、制动时间、制动初速度等试验数据；打印时间、距离、速度步距的数据；打印速度—时间、速度—距离曲线；如果用户需要的话存储试验数据。具体的试验方法如下。

在下拉菜单“汽车性能测试”下选择“汽车制动试验”单击，或者按 F2 键，弹出参数设置窗口，如图 4.56 所示。



图 4.56　汽车制动试验参数设置窗口

在窗口的文本框中输入试验参数后，单击“开始试验”按钮或者按回车键，系统进入试验状态，单击“取消试验”按钮或者按 ESC 键取消试验。

进入试验状态后，主界面显示车速值，当车辆的速度超过并接近用户输入的制动初速度并稳定后，系统自动开始试验，同时踩下制动踏板，显示时间、速度、加速度等数值。

当行驶速度为零时，显示并打印试验数据，提示是否保存试验数据，以及是否进行反向试验。进行反向试验的目的是为了消除风向和坡道对试验效果的影响。

反向试验的提示界面如图 4.57 所示。



图 4.57　反向试验提示界面

单击“确定”按钮进行反向试验，单击“取消”按钮不进行反向试验。反向试验不再要求操作人员输入试验参数。

存储试验数据的界面如图 4.58 所示。

存储试验数据

试　验　人	
试验车型	
车牌照号	
试验序号	
滑行初速	
滑行距离	
滑行时间	
曲　　线	
试验日期	2007-5-18 8:30:28
试验单位	

存储返回　取消返回

图 4.58　存储试验数据提示界面

在这个界面里面，有些区域里面的数据，比如试验数据等是系统自动填写，用户不能更改，试验序号是必须填写的，这个序号在以后的数据查询中需要输入。

填写完毕后，单击“存储返回”按钮或按回车键保存试验数据，单击“取消返回”按钮或按 ESC 键放弃保存试验数据，退回主界面。

这里需要说明的是，曲线项目是根据试验序号由系统自动生成的。

如果在输入过程中，输入了同样的试验序号的话，系统会提醒操作人员，该试验序号已经存在，用户可以选择更改试验序号或者覆盖原来的试验数据。试验数据的覆盖是

不可恢复的，操作时应慎重。

(4) 试验系统数据查询。

数据查询功能用来查询并打印存储过的试验数据。

查询功能的使用方法如下：

在“试验数据查询”下选择“汽车制动试验”，或者按 Ctrl+F2 组合键，弹出“数据查询”提示框，如图 4.59 所示。

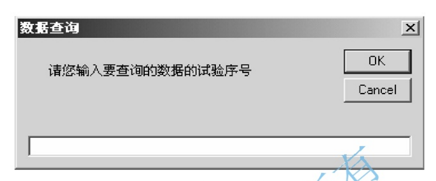


图 4.59　“数据查询”提示框

在文本框中输入要查询的试验序号，单击 OK 按钮或按回车键，如果查询的记录存在的话，显示记录数据，如图 4.60 所示。

试验数据查询

请选择试验名称 制动试验　请选择排序方式 实验日期

基本数据 | 步距数据 | 速度-时间曲线 | 速度-距离曲线 | 路况信息 | 换档情况 | 所有试验记录

实验单位	实验日期	实验人	实验序号	实验车型	车牌照号	制动初速	制动时间	制动距离
山东理工大	3/19/2006		0001_F			32.15	2.75	10.32
内蒙古工业	11/20/2006		111			26.10	4.88	18.62
内蒙古工业	11/23/2006		031m-1-3.1			18.41	1.88	2.02
内蒙古工业	11/23/2006		o31m-1-3.2			38.69	1.75	7.31
内蒙古工业	11/23/2006		liujiazhid			19.11	1.38	2.00
内蒙古工业	11/23/2006		liujiazhid			38.92	2.94	9.90
内蒙古工业	11/25/2006		031-25			25.87	2.69	4.35
内蒙古工业	11/25/2006		031-35			34.02	2.50	6.93
内蒙古工业	11/25/2006		03-2			36.59	2.81	9.89
内蒙古工业	11/25/2006		03-1			29.83	3.38	5.95
内蒙古工业	11/26/2006	aaa	031-7			0.93	1.00	0.21
内蒙古工业	11/28/2006		7-1			22.84	0.81	2.80
内蒙古工业	11/28/2006		7-2			33.09	3.19	6.86
内蒙古工业	11/28/2006		8-19			23.77	1.63	3.08
内蒙古工业	11/28/2006		8-20			32.86	5.38	7.45
内蒙古工业	11/30/2006		10-21			34.26	2.06	6.31
内蒙古工业	11/30/2006		9-19			23.77	1.56	2.92
内蒙古工业	11/30/2006		9-20			33.09	2.00	5.74
内蒙古工业	11/30/2006		10-20			23.54	2.13	2.93
内蒙古工业	12/19/2006		03-02-04-8			33.33	1.50	5.78
内蒙古工业	12/19/2006		032111			33.56	2.13	5.61

图 4.60　制动试验记录数据

如果进行过反向试验的话，界面上将会有“查看反向数据”的按钮。

单击“查找记录”按钮，查询想要看的试验数据。

单击“删除记录”按钮，删除当前试验数据。

单击“打印记录”按钮，打印试验数据、曲线以及各种步距的数值。

(5) 系统传感器标定。

系统传感器标定是为了修正传感器系数，保证试验精度。

速度/距离传感器标定：在“传感器标定”下拉菜单中选择“光电头传感器标定”，弹出如图 4.61 所示的界面。

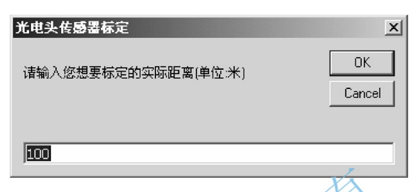


图 4.61　系统传感器标定界面

输入标定距离后，单击“OK”按钮开始标定，在标定前应选择一段平直的路段用来标定，并选择好起/止点。

标定开始后，经过起点时，按下遥控器的“B”键，主界面显示行驶的距离。

当行驶到终点时，按下遥控器的“S”键结束标定，系统会显示标定系数并询问用户是否修改旧的系数。如果需要修改的话，单击弹出界面的 OK 按钮，反之，单击 Cancel 按钮。

(6) 其他功能简介。

① 参数设置。参数设置用来输入各种默认的试验参数，在每次试验开始前提示试验人员输入试验参数的时候，提示窗口中已经显示的数值就是在参数设置中已经设置过的参数。

试验人员应该设置好常用的试验参数，以提高试验效率。参数设置的界面如图 4.62 所示。

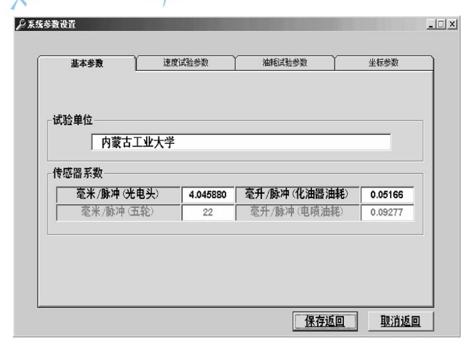


图 4.62　系统参数设置界面

其中速度/距离传感器、油耗传感器的系数不应随意修改，这两个系数的修改会严重影响试验效果。

参数修改完毕后，单击“保存返回”按钮或按回车键保存修改后的试验参数，返回主界面；单击“取消返回”按钮或按 ESC 键不保存。

② 打印设置。试验人员可以选择是否打印步距数据和曲线。既可以全部打印，也可以部分打印。

设置的方法是，选中或清除下拉菜单“系统设置”中的“打印数据”和“打印曲线”就可以了，或者使用菜单对应的快捷键。

③ 试验步距的设置。在主界面左下角选中一种步距，如图 4.55 所示，单击“增加步距”或者“降低步距”设置合适的时间、距离、速度步距。

其中时间的步距分别为 1、2、3、4、5、10s；距离的步距分别为 1、5、10、15、25m；速度的步距分别为 1、2、5、10km/h。

3）用制动减速度仪检测制动性能

制动减速度也是评价制动性能的重要诊断参数之一。制动减速度按测试、取值和计算方法的不同，可分为制动稳定减速度、平均减速度和充分发出的平均减速度 3 种。

制动减速度仪(以下简称为减速度仪)也称为制动仪，以检测制动稳定减速度和制动时间为主，用于整车道路试验。该种仪器小巧轻便，便于携带，不用五轮做传感器，并且对制动初速度和路面不平度要求也不高，使用较为方便。

(1) 减速度仪的结构与工作原理。

目前使用的减速度仪已多为微机式智能化仪器，一般由仪器部分和传感器部分两部分组成，并附带一个脚踏开关。仪器部分和传感器部分既可以制成整体式，装在一个壳体内；也可以制成分体式，两者用导线相连接。国产 QTZ 型微机减速度仪为整体式，主要由电源、A/D 转换器、8080A 单板机、LED 显示器和滑块式传感器等组成，其框图如图 4.63所示，其外形图如图 4.64 所示。

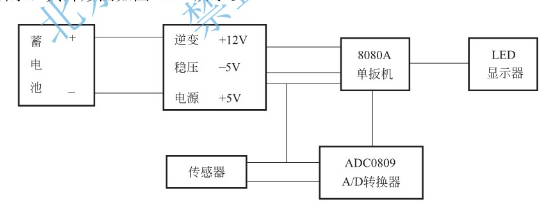


图 4.63　QTZ 型微机减速度仪框图

汽车制动时，由于惯性的作用，传感器产生随制动减速度变化而变化的电压信号，经 A/D 转换器将这一模拟信号转变成微机能接受的数字信号后，输入到 8080A 单板机中进行存储及数据处理，测量结果由 LED 显示。

制动减速度仪的传感器，常见的有滑块式和摆锤式两种。QTZ 型微机减速度仪的传感器为滑块式。滑块式传感器由阻尼杆、光电转换机构、齿条、弹簧和滑块机构等组成，如图 4.65 所示。汽车制动时，在惯性力的作用下，滑块克服弹簧的拉力发生位移，位移

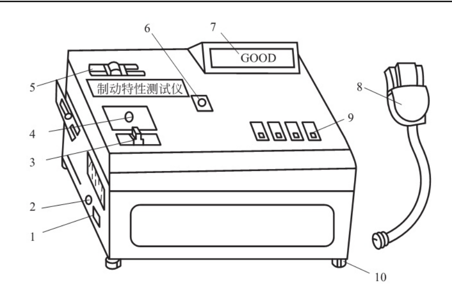


图 4.64　QTZ 型微机减速度仪外形图

1—充电插座；2—熔断丝；3—电源开关；4—脚踏开关插座；5—电压显示表头；
6—水平仪气泡；7—LED；8—脚踏开关；9—操作键；10—可调支架

量与汽车减速度的大小成正比。为了尽量减少弹簧、滑块组合体产生的简谐振动，由阻尼杆产生适当的阻尼作用。光电转换机构由发光管、光敏管、定光栅和动光栅组成。当滑块发生位移时，与滑块固定为一体的齿条通过与之啮合的齿轮使动光栅转动，光敏管接收到时通时断的光信号，并变成电脉冲信号经整形后通过导线传送到微机。滑块的移动速度越快，光电转换机构输出的电脉冲信号越多，1 个电脉冲信号代表制动减速度为 0.1m/s^2。

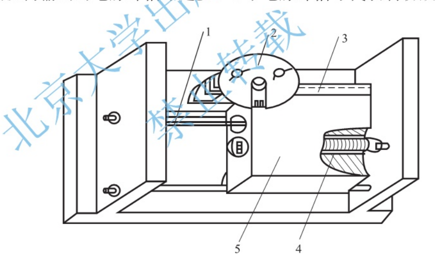


图 4.65　滑块式传感器

1—阻尼杆；2—光电转换机构；3—齿条；4—弹簧；5—滑块机构

(2) 制动减速度仪的使用方法。

① 如果制动减速度仪有自备电源，使用前应按仪器使用说明书的要求充至规定电压。

② 试验前应使汽车运行至正常热状态。

③ 将制动减速度仪或分体式的传感器部分放置在驾驶室或车厢地板上，正面朝上，调整支腿使其保持水平状态，前端对准汽车前进方向，并紧靠固定部位，严禁放置在软性坐椅上。

④ 脚踏开关一端通过导线插接在制动减速度仪上或分体式的传感器上，另一端套在制动踏板上。分体式制动减速度仪还应当用信号线把传感器部分与仪器部分连接起来。

⑤ 打开制动减速度仪电源开关，按仪器使用说明书的要求检查与自校。如果要求预热，应预热至规定时间。

⑥ 如需车型选择，应按被检车辆的座位数或吨位数按下相应选择键。

⑦ 检测制动减速度前应预设(按下对应的键或输入选择的值)制动初速度。

⑧ 制动减速度检测，应在符合要求的道路条件和气候条件下，汽车空载或满载加速行驶，至预设制动初速度时用力踩下制动踏板直至车辆停止。制动时的踏板力(可安装踏板测力计)或制动气压应符合规定要求。

⑨ 读取并打印检测结果。制动过程结束后可读取并打印制动减速度、制动距离、制动系统反应时间、制动全过程时间和制动协调时间等检测结果。

⑩ 按下“复位”键，显示器清零，制动减速度仪进入下一次测量的初始状态。

⑪ 制动性能检测应在同一路段正、反两个方向上进行，制动减速度及其他参数取平均值。

⑫ 检测结束后，关闭制动减速度仪电源，拆卸脚踏开关等。

2. 台试制动性能检验方法

台试法是采用制动试验台来检测车辆的制动性能。由于制动试验台能迅速、准确地检测制动性能，且经济、安全，不受气候条件限制，试验重复性好，并能定量地指示出各个车轮的制动力或制动距离，因而台试法已成为检测车辆制动性能的常用方法，并将逐渐取代路试法。

制动试验台按不同的分类方法，可以分出不同的类型。常见的分类方法有：按试验台测量原理不同，可分为反力式和惯性式两类；按试验台支承车轮形式不同，可分为滚筒式和平板式两类；按试验台检测参数不同，可分为测制动力式、测制动距离式和多功能综合式 3 类；按试验台测量装置至指示装置传递信号方式不同，可分为机械式、液压式和电气式 3 类；按试验台同时能测车轴数不同，又可分为单轴式、双轴式和多轴式 3 类。

反力式制动试验台以各轮最大制动力、制动协调时间为主要检测参数，并能方便地记录制动全过程，其测试条件稳定，重复性好，结构简单，所需驱动力小，制造和试验成本低，广泛适用于车辆监理部门、车辆检测中心和汽车运输部门等。反力式制动试验台是目前国内外诊断和检测汽车制动性能采用的一种必要设备。

1) 反力式滚筒制动试验台的结构和工作原理

以下对反力式滚筒制动试验台的结构和工作原理进行介绍。

(1) 结构。

单轴反力式滚筒制动试验台的结构简图如图 4.66 所示。它由框架、驱动装置、滚筒装置、测量装置、举升装置和指示与控制装置等组成。为使制动试验台能同时检测车轴两端左、右车轮的制动力，除框架、指示与控制装置外，其他装置都是分别独立设置的。

① 驱动装置。驱动装置由电动机、减速器和链传动组成，如图 4.67 所示。电动机的转动通过减速器内的蜗轮蜗杆传动和一对圆柱齿轮传动后传递给主动滚筒，主动滚筒又通过链传动把动力传送给从动滚筒。减速器与主动滚筒共用一轴，减速器壳体处于浮动状态。

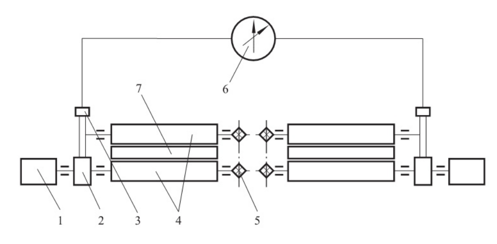


图 4.66　单轴反力式滚筒制动试验台的结构简图

1—电动机；2—减速器；3—测量装置；4—滚筒装置；5—链传动；
6—指示与控制装置；7—举升装置

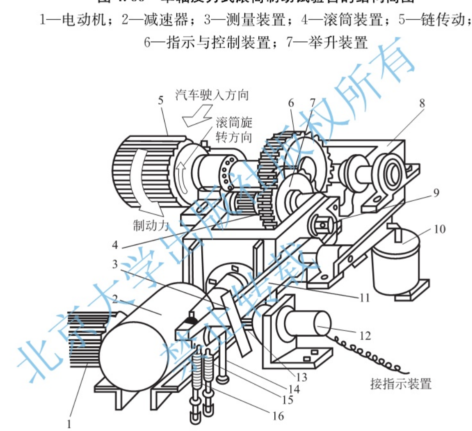


图 4.67　反力式制动试验台的驱动装置和测量装置

1、5—滚筒；2—电动机；3—齿条；4—二级减速主动齿轮；6—二极减速被动齿轮；7—涡轮；
8—减速器壳体；9—传力臂刃口；10—缓冲器；11—测力杠杆；12—自整角电动机；
13—小齿轮；14—限位杆；15—测力弹簧 A；16—测力弹簧 B

② 滚筒装置。滚筒装置由 4 个滚筒组成。每对滚筒独立设置，有主动滚筒和从动滚筒之分。每个滚筒的两端分别用滚动轴承支承，被测车轮置于两滚筒之间。为使滚筒与轮胎之间的附着系数能够与路面相接近，在滚筒圆周表面上沿轴线方向开有间隔均匀、具有一定深度的若干沟槽，附着系数可达 0.6～0.7，但这种带沟槽的滚筒当车轮抱死时，有剥伤轮胎和附着系数仍显不足的缺点。为此，目前使用的反力式滚筒制动试验台，多数是在其滚筒圆周表面覆盖一定厚度的粘砂、烤砂或其他材料以代替沟槽。这种带有涂覆层的滚筒表面几乎与道路表面一致，模拟性好，附着系数高(干态可达 0.9，湿态不低于 0.8)，是较为理想的滚筒表面。

③ 测量装置。测量装置主要由测力杠杆、测力传感器和测力弹簧等组成。测力杠杆的一端与传感器连接，另一端与减速器连接，连接的方式有两种：一种是测力杠杆直接固定在减速器壳体上；另一种是测力杠杆通过轴承松套在框架的支承轴上，其尾端作用有固定在减速器壳体上的带有刃口的传力臂，如图 4.67 所示。当浮动的减速器壳体前端向下移动时，第一种连接方式的测力杠杆其前端也向下移动；第二种连接方式的测力杠杆，通过传力臂刃口的作用使其前端向上移动，并拉伸测力弹簧 A 和测力弹簧 B。测力弹簧 A 与测力弹簧 B 在不同的测量范围内起作用。

安装在测力杠杆前端的测力传感器，有自整角电机式、电位计式、差动变压器式或电阻应变片式等多种类型，能把测力杠杆的位移或力变成反映制动力大小的电信号，并送入到指示与控制装置中去。

驱动装置、滚筒装置和测量装置直接或间接安装在框架上。

④ 举升装置。为了便于汽车出入试验台，在两滚筒之间设有举升装置。举升装置一般由举升器、举升平板和控制开关等组成。每个举升平板下一般设置 1～2 个举升器。常见的试验台举升器主要有 3 种类型，即气压式、液压式和电动机械式。气压式举升器有气缸式和气囊式之分，均以压缩空气为动力，以驱动气缸中的活塞上移或使气囊向上变形完成举升工作。液压式举升器为油缸式，以油液为动力，驱动油缸中的活塞上移完成举升工作。电动机械式由电动机通过减速器带动丝母转动，迫使丝杠向上运动完成举升工作。

国产 FZ－10B 型汽车制动试验台的上述各装置如图 4.68 所示。

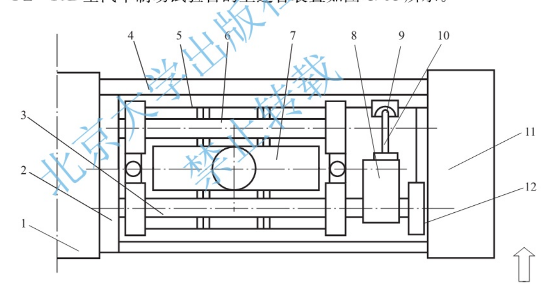


图 4.68　FZ－10B 型汽车制动试验台的机械部分

1—中央盖板；2—链传动；3—主动滚筒；4—地基边缘；5—框架；6—从动滚筒；
7—举升器；8—减速箱；9—测力传感器；10—测力杠杆；11—侧盖板；12—轴承座

有些反力式滚筒制动试验台，在两滚筒之间出现了一根直径比较小的第三滚筒，其上带有转速传感器。这种第三滚筒当车轮制动抱死时，其上的转速传感器送出的电信号，可使滚筒立即自动停止转动，防止轮胎剥伤，延长其使用寿命。

⑤ 指示与控制装置。控制装置有电子式与微机式之分。电子式的控制装置多配以指针式指示仪表；微机式控制装置多配以数字式显示器，也有配置指针式指示仪表的。国产反力式滚筒制动试验台多为微机式，其指示与控制装置主要由放大器、A/D 转换器、微机、数字式显示器和打印机等组成。国产 FZ－10B 型汽车制动试验台指示与控制装置的面

板如图 4.69 所示。微机控制框图如图 4.70 所示。从图中可以看出，测力传感器送来的电信号，经直流放大后，送往 A/D 转换器转换成数字信号，经微机采集、存储和处理后，由数码管显示或打印机打印出检测结果。制动过程中，当左、右车轮制动力之和大于 500daN 时，微机即开始采集数据，采集时间为 3s。3s 后微机发出指令使电动机停转，以防止剥伤轮胎。左、右车轮的制动力由数码管显示，单位为 daN(10N)。当用打印机打印检测结果时，还可以把左、右轮的最大制动力、制动力和、制动力差、拖滞力和制动力变化过程曲线，即制动力—时间曲线等一并打印出来。

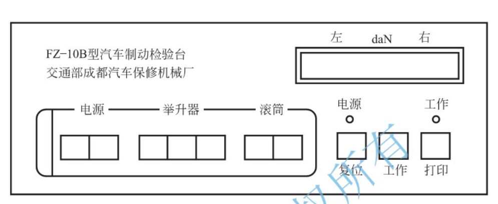


图 4.69　FZ-10B 型汽车制动试验台指示与控制装置面板图

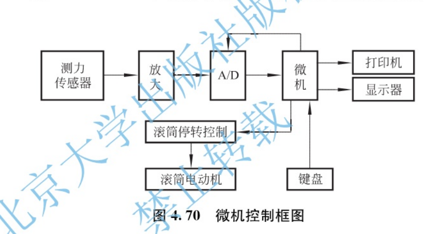


图 4.70　微机控制框图

制动试验台使用的指针式仪表有两种形式：一种是一轴单针式，如图 4.71 所示；另一种是一轴双针式，如图 4.72 所示。一轴单针式有两个刻度盘，两个指针，分别指示左、右轮的制动力。一轴双针式只有一个左、右轮制动力共用的刻度盘，两个表针分别指示

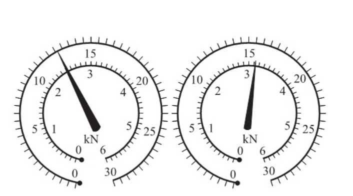


图 4.71　一轴单针式指式仪表

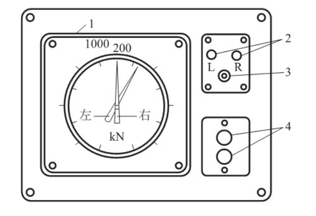


图 4.72　一轴双针式指示仪表

1—指示仪表；2—量程转换指示灯；
3—仪表电源开关与控制灯；4—电动机电源开关

左、右轮的制动力。一轴双针式的两个表针也是套在各自的轴上，只不过一个是空心轴，另一个是实心轴，两者套装在一起而已。

指示装置中，不管是显示器指示，还是指针式指示，现在一般都向大屏幕、大数码管或大指针、大刻度盘方向发展，以使检测人员、车上驾驶员在较远距离也清晰易读。

（2）工作原理。

进行车轮制动力检测时，被检汽车驶上制动试验台，车轮置于主、从动滚筒之间，放下举升器(或压下第三滚筒，装在第三滚筒支架下的行程开关被接通)。通过延时电路起动电动机，经减速器、链传动和主、从动滚筒带动车轮低速旋转，待车轮转速稳定后，驾驶员踩下制动踏板。车轮在车轮制动器的摩擦力矩 T_{μ} 作用下开始减速旋转。此时电动机驱动的滚筒对车轮轮胎周缘的切线方向作用制动力 F_{x1}、F_{x2} 以克服制动器摩擦力矩，如图 4.73所示，维持车轮继续旋转。与此同时，轮胎对滚筒表面切线方向附加一与制动力方向反向等值的反作用力 F'_{x1}、F'_{x2}，在 F'_{x1}、F'_{x2}形成的反作用力矩作用下，减速器壳体与测力杠杆一起朝滚筒转动相反方向摆动，测力杠杆一端的力或位移经传感器转换成与制动力大小成比例的电信号。从测力传感器送来的电信号经放大滤波后，送往 A/D 转换器转换成相应数字量，经计算机采集、存储和处理后，检测结果由数码管显示或由打印机打印出来。打印格式与内容由软件设计而定。一般可以把左、右轮最大制动力、制动力和、制动力差、阻滞力和制动力—时间曲线等一并打印出来。在制动过程中，当左、右车轮制动力和的值大于某一值时，计算机即开始采集数据，采集过程所经历的时间是一定的(如 3s)。经历了规定的采集时间后，计算机发出指令使电动机停转，以防止剥伤轮胎。在有第三滚筒的制动试验台上，在制动过程中，第三滚筒的转速信号由传感器转变成电信号后输入计算机，计算车轮与滚筒之间的滑移率。当滑移率达到一定值(如 20%)时，计算机发出指令使电动机停转。如车轮不驶离试验台，延时电路将电动机关闭 3～10s 后又自动起动。检测过程结束后，车辆即可驶出制动试验台。

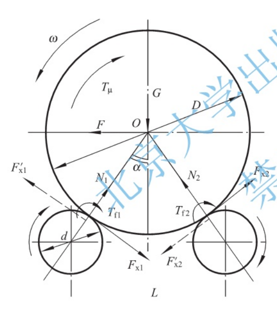


图 4.73　车轮在试验台上试验时的受力简图

G—车轮承受的载荷；

F—车桥对车轮轴的水平推力；

N_1、N_2—滚筒对车轮的支承反力；

F_{x1}、F_{x2}—滚筒对车轮的切向摩擦力，$F=N\varphi$；

F'_{x1}、F'_{x2}—车轮对滚筒的切向反作用力；

φ—滚筒与车轮表面的附着系数；

T_{μ}—制动器摩擦力矩；

T_{f1}、T_{f2}—车轮滚动阻力矩；

α—安息角，$\alpha=\arcsin\left(\frac{L}{D+d}\right)$

由于制动力检测技术条件要求是以轴制动力占轴荷的百分比来评判的，对总质量不同的汽车来说是比较客观的。为此除了设置制动试验台外，还必须配备轴重计或轮重仪，有些复合式滚筒制动试验台本身带有轴重测量装置。称重传感器(应变片式)通常安装在每一车轮测试单元框架的 4 个支承脚处。

GB 7258—2004《机动车安全运行技术条件》中定义的制动协调时间是从驾驶员踩下制动踏板的瞬间作为起始计时点，为此，在制动测试过程中必须由驾驶员通过套装在汽车制动踏板上的脚踏开关向试验台指示与控制装置发出一个“开关”信号，开始时间计数，直至制动力与轴荷之比达到标准规

定值的 75%时的瞬间为止。这段时间历程即为制动协调时间，通常可以通过试验台的计算机执行相应程序来实现。

由于制动测试时滚筒的转动速度较低，其与实际制动状况相差甚远，这将影响所测制动力上升速度，使制动协调时间延长。若其与采样时间不能很好匹配时，甚至可能影响所测制动力值的大小。

目前，反力式滚筒制动试验台对具有防抱死制动系统(ABS)的汽车来说，其制动系统的制动性能还无法进行准确的测试。主要原因是这些试验台的测试车速较低，一般不超过 5km/h，而现代防抱死制动系统均在车速 10～20km/h 以上起作用。在上述试验台上检测车轮制动力时，车辆的防抱死制动系统不起作用，只能相当于对普通的液压制动系统的检测过程，同时不能反映汽车其他系统(如转向机构、悬架)的结构、性能对制动性能的影响。

另外，在反力式滚筒制动试验台上测多轴(三轴或四轴)汽车的并列轴制动性能时，无须在试验台前、后布置自由滚筒。届时，按多轴汽车并列轴的检测程序进行检测，即只要一组滚筒的驱动电机正转，而另一组滚筒的驱动电机反转，测完制动后两电动机再反方向重测一次，每一次只采集车轮正转时的制动力数据，即可完成该轴制动力的检测，而相邻并列车轴在地面上的车轮不转动。这一检测方法，不仅节省了制动试验台前、后两套自由滚筒，而且减小了占地，从而大大降低了资金投入。

2）反力式滚筒制动试验台的使用方法

下面以 FZ－10B 型汽车制动试验台为例介绍制动试验台的使用方法。

(1) 将反力式滚筒制动试验台(以下简称制动试验台)指示与控制装置上的电源开关打开，按使用说明书的要求预热至规定时间。

(2) 如果指示装置为指针式仪表，检查指针是否在机械零点，如果不在应进行调整。

(3) 检查并清除制动试验台滚筒上的泥、水、砂、石等杂物。

(4) 核实汽车各轴轴荷，不得超过制动试验台的允许值。

(5) 检查并清除汽车轮胎上的泥、水、砂、石等杂物。

(6) 检查汽车轮胎气压是否符合汽车制造厂的规定，如不符应充至规定气压。

(7) 将制动试验台举升器升起。

(8) 汽车被测车轴在轴重计或轮重仪上检测完轴荷后，应尽可能顺垂直于滚筒的方向驶入制动试验台。先前轴，再后轴，使车轮处于两滚筒之间。

(9) 汽车停稳后变速杆置于空挡位置，行车制动器和驻车制动器处于完全放松状态，能测制动时间的试验台还应把脚踏开关套在制动踏板上。

(10) 降下举升器，至举升器平板与轮胎完全脱离为止。

(11) 如系带有内藏式轴重测量装置的制动试验台，则应在此时测量轴荷。

(12) 起动电动机，使滚筒带动车轮转动，先测出制动拖滞力。

(13) 用力踩下制动踏板，检测轴制动力。一般在 1.5～3.0s 后或带有第三滚筒的发出信号后，制动试验台滚筒自动停转。

(14) 读取并打印检测结果。

(15) 升起举升器，开出已测车轴，开入下一车轴，按上述同样方法检测轴荷和制动力。

(16) 当与驻车制动器相关的车轴在制动试验台上时，检测完行车制动性能后应重新起动电动机，在行车制动器完全放松的情况下用力拉紧驻车制动器操纵杆，检测驻车制动性能。

(17) 所有车轴的行车制动性能及驻车制动性能检测完毕后，升起举升器，汽车开出制动试验台。

(18) 切断制动试验台电源。

4.5.3 制动系统常见故障及其诊断与排除

1. 气压制动装置常见故障

1) 制动不灵

以下分析制动不灵的故障。

(1) 故障现象。

车辆制动时，驾驶员感到减速度不足，车辆不能很快停车，制动时间和距离太长。

(2) 故障原因。

① 空气压缩机工作不正常，贮气筒气压不足。

a. 空气压缩机皮带松动或沾有油污造成打滑，或因开裂、老化而失效。

b. 空气压缩机气阀座松动、漏气、阀门卡死或损坏。

c. 空气压缩机的活塞或活塞环与缸壁磨损严重造成间隙过大。

d. 空气压缩机到贮气筒之间的管路或接头处漏气。

② 制动踏板行程、控制器调整不当。

a. 制动踏板自由行程过大。

b. 控制器调整不当，控制器内最大工作气压过低。

c. 控制器平衡弹簧预紧力过小。

d. 控制器出气阀回位弹簧过硬。

e. 调整臂调整不当，制动气室推杆空行程过大或推杆变形。

f. 控制器膜片、接头处有漏气。

③ 车轮制动器故障有以下几种。

a. 制动器间隙调整不当，制动蹄片与制动鼓间隙过大或制动时贴合不佳，接触面小。

b. 制动器摩擦片沾有油污、泥水，摩擦片表面烧焦、碳化，摩擦片碎裂、磨损过薄或铆钉外露。

c. 制动鼓失圆、起槽或磨损过甚。

d. 制动器凸轮或制动蹄销轴润滑不良而锈蚀、转动困难造成工作阻力过大。

(3) 故障诊断与排除方法。

① 检查制动气压是否过低。发动机中速运转数分钟(或汽车行驶一段路程)后，观察气压表的读数是否达到规定的压力，如达不到，则说明制动气压不足，此时应检查空压机皮带是否过松或破裂老化而打滑；检查空气压缩机出气阀密封性，管道接头等处有无漏气现象，必要时予以调整和紧固或更换；若上述检查正常，制动气压仍偏低，则说明空气压

机充气量不足，则需分解空气压缩机，检查阀座是否松动，活塞或活塞环与缸壁的配合间隙是否过大，必要时予以保养或修复。

② 检查制动踏板自由行程是否过大，制动踏板自由行程一般为 10～15mm，可用钢板尺进行测量，自由行程可通过旋入或旋出调整螺钉予以调整，调整适当后，将锁紧螺帽固定好。

③ 用厚薄规检查制动鼓与蹄片之间的间隙，应符合规定；若间隙不当，予以调整。

④ 检查控制器的最大工作气压是否符合要求，控制器最大工作气压是指将制动踏板踩到底时制动气室得到的最大气压，它的大小对制动效能影响极大。

检查时，先使储气筒气压达到规定值(一般为 686～784kPa)，踩下制动踏板，检查控制器排气阀，制动管路和制动气室等处有无漏气现象，在无漏气的情况下，可在任一气室的软管上接一气压表，再将制动踏板踩到底，此时气压表上所指示数值，即为最大工作气压。最大工作气压不当，可以通过调整螺钉进行调整。

⑤ 在上述检查正常的情况下，仍有制动不灵故障，则检查制动器的技术状况。分解车轮制动器，检查制动蹄摩擦片是否沾有油污、碎裂，其磨损是否严重或铆钉外露，同时，检查制动鼓是否失圆，有无起槽等，必要时予以清洁、修磨或更换。

2）制动跑偏

以下分析制动跑偏的故障。

(1) 故障现象。

汽车行驶中使用制动时，同轴左、右车轮制动器的制动效果不一样，车轮滑摩距离不等，而使车辆的行驶方向发生偏斜；紧急制动时，车辆出现掉头或甩尾现象。

(2) 故障原因。

① 左、右车轮制动器制动力矩不平衡。

a. 车轮制动器间隙不一致，或制动鼓与蹄片接触面积相差较大。

b. 两侧制动器技术状况相差悬殊；一侧技术状况良好，而另一侧蹄片表面有油污、泥水、磨损过量、铆钉外露或制动鼓失圆、鼓壁起槽等。

c. 两侧制动器回位弹簧弹力不等或个别制动蹄销轴、凸轮锈蚀发卡。

② 左、右车轮制动器制动力不平衡。

a. 个别制动气室连接软管腐蚀、老化、堵塞、破裂，通气不畅或接头漏气。

b. 个别制动气室膜片破裂、老化，弹簧疲劳或折断。

c. 制动气室推杆外露长度不等，伸张速度不同，个别推杆弯曲变形或发卡。

d. 制动凸轮转角相差过大、轴颈与支架套锈蚀发卡。

③ 其他因素造成制动力矩不平衡。

a. 左、右轮胎花纹、气压不一致。

b. 车架变形或前轴移位、偏斜，左、右侧轴距不等。

c. 车辆装载不均匀，制动时甩尾。

(3) 故障诊断与排除方法。

先通过路试，找出制动效能不良的车轮，再进一步诊断造成制动效能不良的原因，予以排除。一般汽车制动时，车头向左偏斜，则为右侧车轮制动不良，车头向右偏斜，则为左侧车轮制动不良。

① 检查制动效能不良的车轮制动气室工作情况：若左、右制动气室推杆伸张速度不等，检查制动气室工作气压差(利用外接气压表检查)。检查制动气室工作气压低的制动软管是否堵塞、老化。若制动软管正常，则需疏通、清洁制动气管，使左、右制动气室工作气压差达到正常值。

② 若左、右制动气室工作气压正常，但推杆伸张速度不等：拆检制动气室，检查膜片及回位弹簧是否完好，否则进行修复或更换。若制动器室完好，进而拆检车轮制动器，清洁、润滑驱动凸轮轴和制动蹄销轴。

③ 若左、右制动气室推杆伸张速度相等，进一步检查推杆行程和车轮制动器：检查制动气室推杆行程是否过大，若过大予以调整；检查车轮制动器间隙，若两侧相差太大，应进行调整；分解检查，制动蹄片表面是否有油污、泥水、磨损过量、铆钉外露，或者制动鼓失圆、鼓壁起槽等，必要时进行清洁、修磨、重铆蹄片或搪削制动鼓、加工修复摩擦片接触面。

④ 检查其他引起制动跑偏因素。检查轮胎花纹、气压是否符合要求；检查并装双轮的内外轮直径差是否过大；检查车辆装载是否合理等。

3）制动拖滞

以下分析制动拖滞的故障。

(1）故障现象。

汽车行驶中进行制动后，在解除制动时出现汽车不能立即起步或感到加速困难，行驶无力；停车后触摸轮毂感到发热，制动灯不灭或亮的时间较长。

(2）故障原因。

① 由控制器故障引起的原因有以下几个方面。

a. 控制器排气阀调整不当或排气阀弹簧过软，使排气阀开度不足或不能全开，造成排气困难。

b. 控制器导向杆锈蚀、卡滞。

② 由车轮制动器故障引起的原因有以下几个方面。

a. 制动鼓与制动蹄摩擦片之间间隙过小。

b. 制动蹄回位弹簧折断或疲劳过软。

c. 制动凸轮轴、制动蹄支承销轴有污物卡滞、锈蚀等，致使制动蹄回位缓慢或不能回位。

d. 制动器的蹄片、制动鼓、凸轮等磨损严重，制动时，凸轮转角过大，接近或达到极限位置，在解除制动时，凸轮卡住。

③ 其他原因。

a. 制动踏板无自由行程。

b. 制动踏板轴卡滞、锈蚀或制动踏板到控制器拉臂之间的传动构件卡滞或运动干涉，制动踏板回位弹簧过软或折断。

c. 制动气室推杆伸出过长、弯曲变形，或回位弹簧疲劳折断。

d. 制动气室油污过多，膜片老化，冬季因积水结冰而卡住，制动软管老化不畅通。

(3）故障诊断与排除方法。

汽车制动拖滞可分为全车拖滞(即所有车轮制动后都不能完全解除制动)和个别拖滞，

在诊断制动拖滞故障时，应首先将二者分清，其方法是通过路试来判别，路试中使用数次制动，在汽车行驶一定里程后停车检查各轮毂的温度，若全部车轮轮毂均发热，则为全车拖滞；若只有个别轮毂发热则为个别拖滞，然后再作进一步诊断。

① 若为全车拖滞，则主要检查控制器和控制器之前的因素。

a. 检查并调整制动踏板自由行程。

b. 检查控制器排气阀排气间隙，其方法是将制动踏板踩到底并迅速放松，这时排气应短促、有力、通畅；若排气缓慢无力或间断(制动灯亮的时间过长或不灭)，则为排气间隙过小；若无排气声，则为没有排气间隙。后两种情况均应分解检查排气阀的技术状况，必要时，进行清洁、调整或更换排气阀门弹簧。若排气阀的技术状况良好，开度也能达到全开，但仍有残存压缩空气，则检查操纵传动机构有无发卡、锈蚀或踏板回位弹簧是否折断、疲劳过软等，必要时，给予调整、修复或更换。

② 若为个别车轮拖滞，则故障在于控制器以后的部位，应着重检查对应车轮制动器的技术状况。

a. 检查调整制动器间隙，使之符合要求。

b. 检查对应制动气室的推杆有无变形或伸出量过长，同时查看制动软管是否老化、不畅通，拆检制动气室回位弹簧有无折断等。

c. 分解检查制动器的技术状况，检查凸轮和销轴有无锈蚀发卡，回位弹簧有无脱落、折断，制动鼓、蹄片等是否磨损过甚而造成凸轮卡住，必要时，进行调整、修复或更换。

4）制动不稳

以下分析制动不稳的故障。

(1) 故障现象。

汽车制动时，车轮不能平稳地停下来，而是产生跳动。

(2) 故障原因。

① 制动鼓失圆，使制动鼓与蹄片的间隙大小不均，导致摩擦力不均匀，从而使车轮在制动时产生跳动。

② 制动蹄摩擦片铆钉松动，制动时，蹄片与制动鼓的摩擦力使蹄片克服松动量而滑动，致使摩擦力间断或削弱，造成制动不稳，

③ 轮毂轴承松旷，使车轮发摆，制动时也会造成制动器内部摩擦力不均匀。

(3) 故障诊断与排除方法。

① 出现制动不稳故障时，首先应检查轮毂轴承是否松旷，必要时进行调整。

② 通过制动鼓检视孔用起子撬动制动蹄片，检查有无松动现象，若蹄片松动，应重新铆合或粘贴。

③ 如上述检查正常，则拆下制动鼓，检查其失圆度，必要时予以搪削。

5）制动失效

以下分析制动失效的故障。

(1) 故障现象。

汽车行驶中，将制动踏板踩到底，制动装置不起作用，或者在使用一次或几次后，制动装置突然不作用。

(2) 故障原因。

① 储气筒无气或气量不足。

a. 空气压缩机皮带折断、打滑，或空气压缩机供气量小。

b. 放水阀、放气阀或挂车分离开关关闭不严。

c. 控制器中进气阀门关闭不严，压缩空气从排气口自动排出。

d. 单向阀卡滞或制动管路堵塞，冬季因管路中积存的油、水结冰等造成堵塞。

② 储气筒内有压缩空气，但制动不起作用。

a. 控制器、制动软管、制动气室膜片破裂，制动时压缩空气从破裂处漏出，不能驱动制动凸轮工作。

b. 控制器排气阀间隙过大，制动时进气阀不能打开。

c. 使用一次或几次制动后，正巧控制器排气阀因锈蚀卡滞，造成压缩空气排气口漏气。

d. 车轮制动器失效。

(3) 故障诊断与排除方法。

① 在使用一次或几次制动后，控制器自动排气，则应检查控制器，清洁、润滑控制器进气阀和排气阀总成。

② 观察气压表，当气压指示为“0”时，检查空气压缩机皮带是否拆断或过松。若完好，并在气压表工作正常可靠的情况下，拆下空气压缩机出气管，察听发动机工作时空气压缩机是否有泵气声。若无泵气声，则故障在空气压缩机本身，应进一步拆检空气压缩机；若有泵气声，用拇指堵住出气口时，感到泵气量很大，则应进一步检查单向阀、制动气管是否卡滞、堵塞。

③ 气压表指示气压正常，踩下制动踏板观察制动时气压变化情况。

a. 气压下降很小或没有下降，则说明控制器进气阀不能打开。

b. 踩住制动踏板，气压不断下降，并有漏气声，则应检查常见漏气部位，如各管道接头有无松动，管道、气室膜片有无破裂等。

c. 气压下降属正常范围且无漏气声，说明故障在车轮制动器，如制动蹄片上有水或油污等。

2. 液压制动装置常见故障

液压制动装置主要由制动总泵、制动分泵和车轮制动器等组成，常见故障为制动不灵和制动拖滞。

1) 制动不灵

以下分析制动不灵的故障。

(1) 故障现象。

汽车行驶中，驾驶员将制动踏板踩到底，汽车不能立即减速、停车。其制动减速度小、制动距离过长。

(2) 故障原因。

① 由制动总泵故障引起的原因。

a. 总泵内制动液不足，或补偿孔堵塞，或加液口盖通气孔堵塞。

b. 总泵皮碗及皮圈老化、发胀、变形或被踏翻。

c. 总泵活塞与缸体磨损过量而松旷漏油，活塞回位弹簧过软、自由长度不足。

d. 回油阀密封不良。

e. 出油阀弹簧过软、折断或油阀密封不良。

② 由制动分泵故障引起的原因。

a. 分泵皮碗老化、发胀、活塞卡滞。

b. 分泵活塞与缸体磨损过量而松旷漏油。

c. 分泵活塞回位弹簧过软或折断。

③ 由制动器引起的原因。

a. 制动蹄片磨损严重，制动器间隙过大，接触面积过小或接触面趋于摩擦片中间部位。

b. 制动鼓失圆、起沟槽或磨损过甚。

c. 制动蹄片表面有油污，或烧蚀硬化、铆钉外露等。

④ 其他原因。

a. 制动踏板自由行程过大。

b. 液压制动系统中渗入空气，或制动系统温度过高使管路中制动液汽化，形成气阻。

c. 油管凹瘪，接头松动渗漏，制动软管老化、破裂或堵塞。

(3) 故障诊断与排除方法。

① 连续踩几次制动踏板，如果踏板始终能被踩到底且无反力。

a. 检查总泵储液室内有无制动液，总泵进油孔和储液室盖通气孔是否堵塞。

b. 检查制动管路是否有破裂或接头严重漏油现象。

c. 检查机械连接机构是否脱落。

d. 若以上检查完好，则应检查总泵或分泵皮碗是否破损、顶翻或皮圈破损。

② 若连续踩几次制动踏板，踏板能升高则进行下列检查。

a. 若踩制动踏板后踏板高度能升，且制动效能有好转，应检查踏板自由行程和车轮制动器间隙。

b. 若踩住踏板后缓慢下降，则检查制动管路是否有破裂或接头漏油，制动总泵和分泵皮碗密封是否良好，总泵或分泵活塞回位弹簧是否过软、折断；总泵回油阀和出油阀是否良好等。

c. 若踩住制动踏板有弹性感，则说明液压制动管路内有空气或制动液受热汽化。

d. 在连续踩动制动踏板数次后，当松开制动踏板时，总泵活塞未回到原位，若再踩下制动踏板时，总泵推杆与活塞有碰击响声，应拆检总泵。

③ 踩一次制动踏板高度适中，但感到“硬”而制动效能差。

a. 若个别车轮制动效能不良，检查制动软管是否老化、堵塞，若制动管路畅通，应检查该轮制动器。

b. 若各轮制动效能均不良，应检查总泵皮碗、皮圈是否发胀或活塞卡滞；若总泵完好，应检查车轮制动器。

2) 制动拖滞

以下分析制动拖滞的故障。

（1）故障现象

当制动被解除后，汽车不能立即起步或感到行驶无力、加速困难，停车触摸轮毂感到发热，制动灯不灭或亮的时间较长。

（2）故障原因。

① 由制动总泵和分泵故障引起的原因。

a. 总泵旁通孔或回油孔被堵塞。

b. 制动液太脏或黏度过大，使得回油困难。

c. 总泵或分泵的皮碗或皮圈老化、变形、发胀。

d. 总泵活塞回位弹簧过软、折断，或活塞磨损过甚而卡滞。

② 由制动器故障引起的原因及其他原因与气压制动装置产生制动拖滞的原因相同。

（3）故障诊断与排除方法。

① 全车制动拖滞。

a. 检查制动踏板有无自由行程。

b. 打开储液室盖，连续踩动制动踏板，观察回油情况。若回油缓慢或不回油，应检查制动液是否太脏或黏度过大；若制动液纯清，应对系统进行排气（双管路制动系统应在每一个独立管路中进行）；如无效，则进而检查制动总泵。

② 个别车轮拖滞。

a. 先支起制动拖滞车轮，拧松分泵放气螺栓，若制动液急速喷出后制动蹄回位，检查制动油管是否堵塞。

b. 放液后，若制动蹄仍不能回位，检查制动器间隙是否过小。

c. 若上述检查正常，但该车轮仍然制动拖滞，则分解检查分泵活塞，皮碗，检查制动蹄回位不良的原因。

3. 钳盘式制动装置常见故障

1）发响

以下分析发响的故障。

（1）故障现象。

① 汽车行驶时，在未踩制动踏板的情况下，制动器发出一种“嚓、嚓”的摩擦声。

② 汽车行驶中，当踩下制动踏板时，制动器发出一种“吱、吱”的响声。

③ 汽车行驶中，不管制动与否，都能听到“卡塔、卡塔”的响声。

④ 汽车行驶中，放松制动或有时制动时，制动器发出低调的“嘎、嘎”的金属摩擦响声。

（2）故障原因。

① 故障现象①的原因。

a. 摩擦衬块离位，脱开卡钳。

b. 内摩擦衬块出现噪声，主要是防噪板脱落或弯曲。

c. 外摩擦衬块出现噪声，主要是保持板未能正确定位。

d. 卡钳或车轮轴承松动，使制动盘与卡钳碰擦。

e. 卡钳在生锈的导轨上卡滞。

f. 制动盘翘曲或厚薄不均。

g. 活塞油封损坏，在制动器放松时，活塞不能回位。

② 故障现象②的原因。

a. 摩擦片磨损过甚或铆钉外露。

b. 摩擦片粘有油污。

c. 摩擦片材质不佳。

d. 摩擦衬块装有弹簧式磨损指示器的，在摩擦片严重磨损时，此弹簧会与制动盘产生接触刮磨，从而引起连续的尖叫声。

③ 故障现象③的原因。

a. 内摩擦衬块或外摩擦衬块松动。

b. 保持板漏装或扭曲变形。

c. 支承导轨处的“O”型环损坏或脱落。

d. 卡钳或活塞被冻结，或支承块零件松动。

e. 卡钳销轴松动，销轴衬套或套筒损坏。

f. 卡钳内部搭接处粗糙或内摩擦衬块生锈，在制动或解除制动时出现响声。

g. 润滑脂帽松动与紧固调整螺母的开口销碰刮。

④ 故障现象④的原因。

a. 制动盘刮碰转向节部件或弯曲的挡泥板。

b. 卡钳与制动盘或车轮碰刮。

c. 制动盘有裂纹，在制动时产生响声。

d. 卡钳松动。

(3) 故障诊断与排除方法。

对钳盘式制动器发响故障的诊断，主要是根据响声的特征和出现时机进行判断，再逐一检查可能产生的原因和影响因素，根据产生的原因予以调整、修复或更换。

2) 震抖

以下分析震抖的故障。

(1) 故障现象。

踏下制动踏板有震抖感觉，制动缓慢。

(2) 故障原因。

① 摩擦衬块松动或衬片沾有油污。

② 新换的衬片宽于原衬片，与未磨过的制动盘生锈区域接触而引起震抖。

③ 浮动销轴或导轨生锈。

④ 卡钳套筒或衬套损坏而不能正常浮动。

⑤ 卡钳移动不灵活(内外衬片磨损不均)，较紧的卡钳会引起震抖。

⑥ 顶部与底部托架的间隙过小。

(3) 故障诊断与排除方法。

对钳盘式制动器震抖故障的诊断，通过对造成震抖的影响因素的检查，以确定具体的故障部位，必要时，予以调整、清洁、维修或更换。

4.6　悬架装置检测与故障诊断

悬架装置是汽车底盘的一个重要装置，通常由弹性元件、导向装置和减振器3部分组成。汽车悬架装置的故障将直接影响汽车的行驶平顺性、操纵稳定性和行驶安全性。可见，悬架装置的技术状况和工作性能，对汽车整体性能有着重要影响。可以说，检测悬架装置的工作性能是十分重要的。

4.6.1　悬架装置工作性能的检测方法

汽车悬架装置工作性能的检测方法有经验法、按压车体法和试验台检测法3种类型。

1. 经验法

经验法是通过人工进行外观检视的方法，主要从外部检查悬架装置的弹簧是否有裂纹，弹簧和导向装置的连接螺栓是否松动，减振器是否漏油、缺油和损坏等项目。

2. 按压车体法

按压车体法既可以人工按压车体，也可以用试验台的动力装置按压车体。通过按压使车体上、下运动，观察悬架装置减振器和各部件的工作情况，凭经验判断是否需要修理或更换减振器和其他部件。车体按压试验台如图4.74所示。

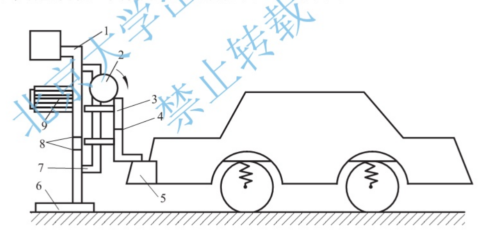


图4.74　车体按压试验台

1—支架；2—凸轮；3—杆；4、8—光脉冲测量装置；
5—汽车保险杠；6—水平导轨；7—垂直导轨；9—电动机

显然，上述两种方法主要是依靠检查人员的经验，存在主观因素大、可靠性差、只能定性分析不能定量分析等问题。

3. 试验台检测法

悬架装置检测台能快速检测、诊断悬架装置的工作性能，并能进行定量分析。根据激振方式不同，悬架装置检测台可分为跌落式和共振式两种类型。其中，共振式悬架装置检测台根据检测参数的不同，又可分为测力式和测位移式两种类型。

（1）跌落式悬架装置检测台。跌落式悬架装置检测台如图 4.75 所示。

检测时，先通过举升机构将汽车举起一定高度；然后突然松开支承机构，让车辆落下产生自由振动；再用测量装置测量车体振幅或者用压力传感器测量车轮对台面的冲击压力，对振幅或压力分析处理后，评价汽车悬架装置的工作性能。

（2）共振式悬架装置检测台。共振式悬架装置检测台如图 4.76 所示。

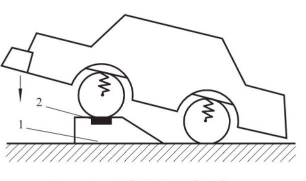


图 4.75　跌落式悬架检测台

1—举升机构；2—测量装置

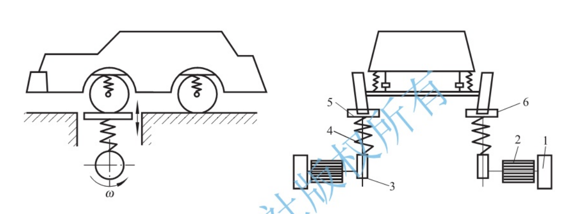
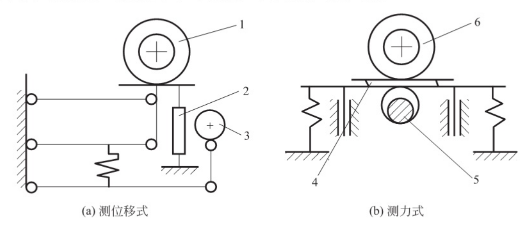


图 4.76　共振式悬架检测台

1—蓄能飞轮；2—电动机；3—凸轮；4—激振弹簧；5—台面；6—测量装置

检测时，先通过检测台的电动机、偏心轮、蓄能飞轮和弹簧组成的激振器，迫使检测台台面及其上面的被检汽车悬架装置产生振动，然后在开机数秒后断开电动机电源，从而由蓄能飞轮产生扫频激振。由于电动机的频率比车轮固有频率高，因此蓄能飞轮逐渐降速的扫频激振过程总可以扫到车轮固有振动频率处，从而使台面与汽车系统产生共振，通过检测激振后振动衰减过程中力或位移的振动曲线，求出频率和衰减特性，便可判断悬架装置减振器的工作性能。

测位移式悬架装置检测台是检测振动衰减过程中的位移量，测力式悬架装置检测台是检测振动衰减过程中力的振动曲线，它们的结构简图如图 4.77 所示。由于共振式悬架装置检测台具有性能稳定、数据可靠等优点，因此被广泛应用。



(a) 测位移式　　(b) 测力式

图 4.77　测位移式和测力式悬架装置检测台结构简图

1、6—车轮；2—位移传感器；3—偏心轮；4—力传感器；5—偏心轴

4.6.2 共振式悬架装置检测台的结构与工作原理

共振式悬架装置检测台一般由机械装置和电子控制系统两部分组成。

1. 机械装置

共振式悬架装置检测台的机械装置由箱体和左、右两套相同的振动系统构成，其单轮支承结构简图如图 4.78 所示。

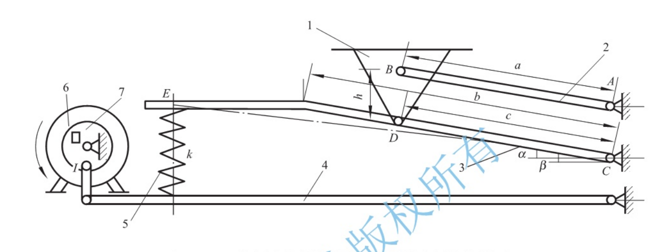


图 4.78 共振式悬架装置检测台单轮支承结构简图

1—支承台面；2—上摆臂；3—中摆臂；4—下摆臂；5—激振弹簧；6—驱动电动机；7—偏心惯性结构

图中所示为检测台单轮支承结构，因为一套振动系统左、右对称，故另一侧省略。每套振动系统由上摆臂、中摆臂、下摆臂、支承台面、激振弹簧、驱动电动机、蓄能飞轮和传感器等构成。传感器一端固定在箱体上，另一端固定在台面上。上摆臂、中摆臂和下摆臂通过 3 个摆臂轴和 6 个轴承安装在箱体上。上摆臂和中摆臂与支承台面连接，并构成平行四边形的四连杆机构，以保证上、下运动时能平行移动以及台面受载时始终保持水平。中摆臂和下摆臂端部之间装有弹簧。驱动电动机的一端装有蓄能飞轮，另一端装有凸缘，凸缘上有偏心轴。连接杆一端通过轴承和偏心轴连接，另一端和下摆臂端部连接。

检测时，将汽车驶上支承平台，启动测试程序，驱动电动机带动偏心机构使整个汽车与台面系统振动。激振数秒达到角频率为 ω_0 的稳定强迫振动后，断开驱动电动机电源，接着由蓄能飞轮以起始频率为 ω_0 的角频率进行扫频激振。由于停在台面上车轮的固有频率处于 ω_0 和 0 之间，因此蓄能飞轮的扫频激振总能使汽车与台面系统产生共振。断开驱动电动机电源的同时，启动采样测试装置，记录数据和波形，然后进行分析、处理和评价。

2. 电子控制系统

共振式悬架装置检测台的电子控制系统主要由微机、传感器、A/D 转换器、电磁继电器及控制软件等组成。控制软件是悬架装置检测台电子控制系统与机械装置联系的桥梁。软件不仅实现对悬架装置检测台测试过程的控制，同时也对悬架装置检测台所采集的数据进行分析和处理，并最终将检测结果显示并打印出来。

4.6.3 诊断参数标准

车轮接地性指数可以表征悬架装置的工作性能，从而可以作为诊断参数。车轮接地性

指数的定义是：汽车行驶中车轮与路面间最小法向作用力与其法向静载荷的比值。车轮接地性指数代表了车轮与路面间的最小相对动载，用百分数表示，其值在 0～100%范围内变化。车轮接地性指数表明了悬架装置在汽车行驶中确保车轮与路面相接触的最小能力。汽车行驶中，所有车轮的接地性指数是不一样的，这是各车轮悬架装置工作性能不一、各车轮承受载荷不一、各车轮气压不一等原因造成的。如果在检测台上，人为使各车轮承受的载荷和轮胎气压一致，那么，车轮接地性指数就主要决定于悬架装置的工作性能。可见，完全可以用车轮接地性指数来评价悬架装置的工作性能。

GB 18565—2001《营运车辆综合性能要求和检验方法》中规定：对于最大设计车速大于等于 100km/h、轴载质量小于等于 1500kg 的载客汽车，应用悬架检测台按规定的方法进行悬架特性检测。受检车辆的车轮接地性指数，应不小于 40%，同轴左、右轮接地性指数之差不得大于 15%。

在欧美一些国家，悬架装置检测台已被广泛应用在检测汽车悬架装置工作性能上。欧洲使用的悬架装置检测台主要的生产厂家有德国的 HOFMANN 公司和意大利的 CEMB 公司等。他们生产的悬架检测台在检测中，悬架检测台台板连同被检汽车按正弦规律作垂直振动，激振振幅固定而频率变化。力传感器感应到车轮作用到台板上的垂直作用力，并将力信号存入存储器。当对全车所有车轮悬架装置检测完毕后，微机将力信号进行分析和处理，便可获得车轮的接地性指数。

欧洲减振器制造协会(EUSAMA)推荐的评价车轮接地性指数的参考标准如表 4 - 8 所示，可供我国检测悬架装置工作性能时参考。

表 4 - 8　车轮接地性指数参考标准

车轮接地性指数/%	车轮接地状态	车轮接地性指数/%	车轮接地状态
60～100	优	20～30	差
45～60	良	1～20	很差
30～45	一般	0	车轮与路面脱离

小　　结

汽车底盘性能检测的目的是为了准确了解汽车的技术状况，为汽车维护和修理工作提供科学依据，以便更合理地使用汽车；汽车底盘故障诊断是寻找底盘故障原因的技术手段。本章主要介绍了汽车底盘性能检测和故障诊断的方法。

底盘输出功率检测在底盘测功试验台上进行，其目的：一是为了获得驱动车轮的输出功率或驱动力，以便评价汽车的动力性；二是用获得的驱动车轮输出功率和发动机输出功率进行对比，并求出传动效率，以便评价汽车传动系统的技术状况。

检测传动系统游动角度能表征整个传动系统的调整和磨损状况。用经验法检查传动系统游动角度时可分段进行，然后将各段游动角度求和即可获得传动系统总游动角度。采用游动角度检测仪检测传动系统游动角度时也要分段进行，游动角度检测仪有指针式和数字式两种。

转向系统检测包括车轮定位检测和转向参数检测。车轮定位检测又分为静态检测法和动态检测法两种类型。静态检测通常在四轮定位仪上进行，以确定车轮定位参数值的正确

与否；动态检测通常在侧滑试验台上进行，以确定车轮前束与外倾的配合状况。转向参数主要包括转向盘自由转动量和转向盘转向力，通常采用转向参数测量仪进行检测，以确定转向传动链中各零、部件的配合状况。

车轮平衡度检测在车轮平衡机上进行，车轮平衡机分为离车式和就车式两种类型。车轮平衡度检测的目的是为了防止汽车在高速行驶时车轮发生跳动和摆振现象。

制动系统制动性能的检测分为道路试验和台架试验。道路试验主要使用五轮仪或制动减速度仪，对汽车的制动距离、制动时间或制动减速度进行检测；台架试验使用制动试验台对汽车的制动力进行检测。其目的是为了确定汽车的制动性能，保证行车安全。

悬架装置工作性能的检测方法，有经验法、按压车体法和试验台检测法 3 种类型。经验法、按压车体法只能进行定性检测；试验台检测法可实现快速检测，诊断悬架装置的工作性能，并能进行定量分析，通常使用的检测设备为共振式悬架装置检测台。其目的是为了确定悬架系统中弹性元件、导向装置和减振器的技术状况，保证汽车的行驶平顺性、操纵稳定性和行驶安全性。

习　　题

1. 术语解释

4-1　机械传动效率　传动系游动角度　后轮推力角　转向盘自由转动量　转向盘转向力

4-2　车轮静不平衡　车轮动不平衡　充分发出的平均减速度(*FMDD*)　制动协调时间　制动完全释放时间　制动距离　车轮接地性参数

2. 填空题

4-3　底盘测试验台一般由________、________、________、________、________、________和________等构成。

4-4　双滚筒底盘测功试验台的滚筒直径一般在________之间。最大试验车速达 160km/h 时，滚筒直径不应小于________；试验车速达 200km/h 时，滚筒直径不应小于________。

4-5　使用____________________可对离合器打滑进行检测。

4-6　传动系统游动角度检测所用的仪器有__________________________________和__________________________________两种。

4-7　转向轮定位值包括________、________、________和________ 4 个参数。

4-8　汽车转向轮定位的检测方法有________和________两种。

4-9　侧滑量反映转向轮________与________相互配合的综合结果。二者匹配情况理想时，侧滑量为________，汽车行驶时转向轮处于纯滚动状态。

4-10　转向参数测量仪由________、________、________和________ 4 部分组成。

4-11　在检测液力式动力转向系统的液压泵输出油压时，截止阀的关闭时间不应超过________，以免对液压泵造成不良影响。

4-12　电子控制动力转向系统的性能评价参数包括________、________、________、________、________等。

4-13　离车式车轮平衡机主要由________、________、________、____________

和________等构成。

4-14　就车式车轮动平衡机由________、________、________、________等构成，并装在手推小车上。

4-15　当五轮仪用于检测汽车制动性能时，能测出________、________和________。

4-16　接触式五轮仪一般由________和________两部分组成，并附带一个________。

4-17　单轴反力式滚筒制动试验台由________、________、________、________、________和________等组成。

4-18　汽车悬架装置工作性能的检测方法有________、________和________3 种类型。

3. 简答题

4-19　用以评价汽车底盘技术状况的诊断参数主要有哪些?

4-20　简述底盘测功的目的。

4-21　简述底盘测功试验台的基本结构、工作原理和使用方法。

4-22　简述底盘测功试验台的基本功能。

4-23　如何根据机械传动效率来评价传动系统技术状况?

4-24　传动系统游动角度增大的现象和原因是什么?

4-25　简述传动系统游动角度的检测方法。

4-26　简述传动系统游动角度的诊断参数标准。

4-27　车轮定位的检测方法有哪几种? 各自的含义是什么?

4-28　简述四轮定位的检测指标及其检测原理。

4-29　简述后轮推力角的形成原因及其危害。

4-30　检测前轮侧滑量的目的是什么?

4-31　侧滑试验台的检测原理是什么?

4-32　前轮侧滑量的诊断参数标准是什么?

4-33　如何利用测滑试验台检测后轴是否弯曲变形和轮毂轴承是否松旷?

4-34　简述滑板式侧滑试验台的基本结构、工作原理和使用方法。

4-35　简述微机式四轮定位仪的基本结构、工作原理和使用方法。

4-36　简述转向参数测量仪的基本结构、工作原理和使用方法。

4-37　简述转向盘自由转动量和转向盘转向力的诊断参数标准。

4-38　简述车轮不平衡的原因及其危害。

4-39　简述离车式车轮平衡机的基本结构、工作原理和使用方法。

4-40　简述就车式车轮平衡机的基本结构、工作原理和使用方法。

4-41　制动性能路试法存在哪些问题?

4-42　制动试验台的类型有哪几种?

4-43　简述反力式滚筒制动试验台的基本结构、工作原理和使用方法。

4-44　简述反力式滚筒制动试验台的优、缺点。

4-45　简述制动性能的诊断参数标准。

4-46　悬架装置的工作性能有哪些检测方法?

4-47　简述共振式悬架装置检测台的基本结构、工作原理和使用方法。

4-48　简述悬架装置工作性能的诊断参数标准。

第5章　汽车综合性能检测

教学提示：汽车综合性能检测是对汽车车速表、前照灯、排放污染物、噪声、侧倾和防水密封性等多方面进行检测的过程，涉及各种设备的使用方法和检测机理，具体的检测要求和标准都参照最新的国家标准。其中车速表检测、前照灯检测和噪声检测依据GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》等标准，排放污染物检测依据GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法》和《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法(GB 3847—2005)》等标准，防水密封性依据QC/T 476—2007《客车防雨密封性限值及试验方法》。本章对相关涉及知识进行了介绍。

教学要求：本章主要应掌握车速表误差的形成、测试原理和检测方法，对检测设备和国家标准有所了解。掌握前照灯检测项目和基本原理，了解一般设备的组成、特点和使用方法，以及涉及的光学知识和国家标准。掌握汽车排放污染物的形成机理和危害，掌握汽油车怠速污染物检测和柴油车自由加速烟度检测过程和原理，了解相关国家标准和多工况检测。掌握噪声知识和检测方法，了解涉及标准和设备使用。掌握侧倾试验的检测原理和方法，了解国家标准和试验台结构使用。掌握防水密封性检测要求和参数使用，了解设备的结构、使用和涉及标准。

5.1　车速表检测

5.1.1　车速表误差的形成与测量原理

汽车车速表由车速指示部分和计测行驶距离部分组成。传统汽车的车速表是以车轮为动力来驱动，通过与车轮转速成一定速比的转轴和软轴机构，利用磁电互感作用，使指针摆动来显示汽车行驶速度的。车速表内有可转动的活动盘、转轴、轴承、齿轮、游丝等机械零件和磁性元件，随着汽车行驶里程的增加，这些零件在工作过程中不可避免地要产生磨损，磁性元件也会逐渐发生磁性变化，这些都会造成车速表的指示误差。现代汽车多以车速传感器为车速表的信号输入，机械误差相对较小。

另一方面汽车轮胎会随着汽车行驶里程的增加而逐渐磨损。根据汽车行驶速度计算公式：

$$v=0.377\times\frac{r_k n}{i_g i_o} \tag{5-1}$$

式中，v——汽车行驶速度(km/h)；

r_k——车轮滚动半径(m)；

n——发动机转速(r/min)；

i_g——变速器传动比；

i_o——主减速器传动比。

可知汽车实际行驶车速与车轮滚动半径有关。随着汽车行驶里程的增加，轮胎的磨损量逐渐增加，其滚动半径逐渐减小。在变速器输出轴转速不变的情况下，汽车的实际行驶速度会因车轮滚动半径的减小而降低。但是由于车速表的软轴与变速器或分动器输出轴相接，车速表的指示值不会随车轮滚动半径的变化而变化，因而导致车速表指示值与实际车速形成误差。

传感器和车速表的制造或装配误差、车速表性能下降、轮胎磨损或气压不符合规定等因素都可能引起车速表的指示车速与实际车速之间出现误差。为了控制汽车车速表的指示误差，需对车速表进行检测。车速表的检测方法有道路试验法和室内台架试验法两种，道路试验法是汽车以不同车速等速通过某一预定长度试验路段，测出通过该路段的时间，然后计算出实际车速，并与驾驶室内车速表指示值进行对照，即可求出不同车速下车速表的指示误差；台架试验法是在滚筒式车速表试验台上进行，用台架试验法测量车速表误差的原理，是将被测汽车的车轮置于车速表试验台的滚筒上使之转动，把滚筒当做活动路面，以此来模拟汽车在道路上行驶的实际情况进行检测的。

滚筒的线速度可用下式求出。

$$v=L\cdot n\cdot 60\times10^{-6} \tag{5-2}$$

式中，v——滚筒的线速度(km/h)；

L——滚筒的圆周长(mm)；

n——滚筒的转速(r/min)。

车轮的线速度与滚筒的线速度相等，计算得到的 v 值即为汽车车轮的线速度值。虽然轮胎与路面接触时变形量和轮胎与试验台滚筒接触时的变形量不相等(后一种情况的轮胎静变形量稍大一些)，但其相差不大，可以近似地认为这两种情况下轮胎的滚动半径是相等的，可以认为在车速表试验台上测得的车速就是汽车真正行驶时的实际车速。

在检测时，利用速度传感器使 v 值显示在试验台的速度指示仪表上，根据汽车车速表指示值与试验台的速度仪表指示值进行比较，即可得出汽车车速表指示误差值。

5.1.2　车速表试验台的结构与工作原理

汽车车速表误差的测量原理如图 5.1所示。被测车轮置于滚筒上使之旋转，以此模拟实际道路的行驶状态。根据汽车速度指示仪表指示值与试验台速度指示仪表指示值对比，测出其误差值。车速表试验台，按有无驱动装置可分为标准型与电动机驱动型两种。标准型试验台无驱动装置，它靠被测汽车驱动车轮带动滚筒旋转；电动机驱动型试验台由电动机驱动滚筒旋转，再由滚筒带动车轮旋转。此外，还有把车速表试验台与制动试验台或底盘测功机组合在一起的综合式试验台。

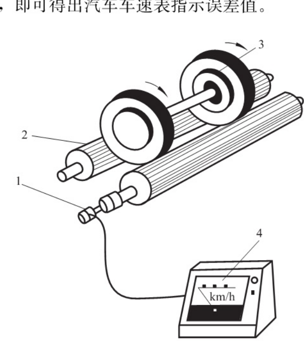


图 5.1　汽车车速表测量误差原理

1—速度传感器；2—滚筒；3—被测车；4—速度指示仪表

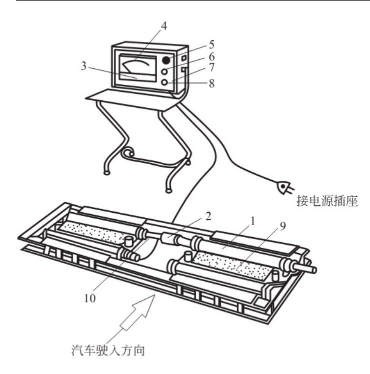


图 5.2　标准型车速表试验台组成

1—滚筒；2—联轴器；3—零点校正螺钉；4—速度指示仪表；5—蜂鸣器；6—报警灯；7—电源灯；8—电源开关；9—举升机；10—速度传感器

1. 车速表试验台的结构

以下介绍车速表试验台的结构。

1）标准型车速表试验台

标准型车速表试验台由速度测量装置、速度指示装置和速度报警装置等组成，其结构如图 5.2 所示。

（1）速度测量装置。速度测量装置由滚筒、速度传感器和举升器等组成。滚筒分两组共 4 个（或 2 个），直径为 185mm（或 370mm），滚筒的每端通过滚动轴承安装在底座框架上，4 个滚筒位于同一平面上。试验时为防止汽车差速器齿轮滑转，试验台的两前滚筒由万向节联轴器或普通联轴器联在一起，以便于 4 个滚筒同步转动。

为使汽车进出试验台方便，在前、后滚筒之间设有举升器。举升器多用气压驱动或液压驱动。举升器与滚筒制动装置联动，举升器升起时，滚筒被制动而不能转动。速度传感器一般采用测速传感器(现在多用光电式或霍尔式)，装在滚筒的一端，测出滚筒转速信号，转化成电压信号或脉冲信号，经处理后送到速度指示装置。

（2）速度指示装置。速度指示装置根据速度传感器传来的电信号(电压或脉冲数)与滚筒外圆周长等参数，经处理后驱动速度指示仪表指示车速，以 km/h 为单位显示。

（3）速度报警装置。速度报警装置是为判明车速表误差是否在合格范围内而设置的。一般有三种类型。

① 用试验台报警装置指示检查车速。当汽车实际行驶车速达到某一规定值时，报警装置灯发亮或蜂鸣器发响，指示驾驶员车辆已到达检测车速，注意观察驾驶室内车速表指示值是否在合格范围内。

② 以指示仪表上涂成绿色区域表示车速表指示值与实际车速误差的合格范围。试验时，汽车车速表指示值达到某一检测车速时，观察试验台速度表指示值是否在合格的绿色区域内。

③ 同时具备上述两种装置的报警装置，检测时可根据需要选择其中的一种。

2）电动机驱动型车速表试验台

前置发动机的汽车，由于发动机与车速表的距离近，车速表由变速器的输出轴通过软轴来驱动；后置发动机的汽车，由于发动机与车速表距离远，如果用软轴驱动车速表，会因软轴过长出现软轴使用寿命缩短和传动精度低等问题，因此有些汽车的车速表用从动车轮(转向轮)来驱动，对这种车辆只能采用电动机驱动型车速表试验台。

电动机驱动型车速表试验台，本身带有驱动装置。测试时，由电动机驱动滚筒转动，滚筒带动从动轮旋转，从动轮经软轴带动车速表工作。通过比较车速表的示值与滚筒的实

际线速度之差，检测车速表误差。这种试验台往往在滚筒与电动机之间装有离合器，试验时将离合器分离，又可作为标准型试验台使用，如图 5.3 所示。

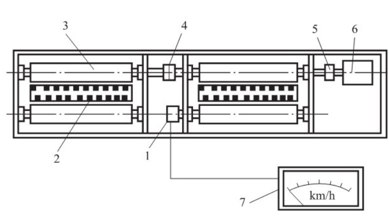


图 5.3　电动机驱动型车速表试验台组成

1—测速发电机；2—举升机；3—滚筒；4—联轴器；
5—离合器；6—电动机；7—速度指示仪表

2. 车速表试验台的工作原理

试验时汽车驱动轮置于滚筒上，由发动机经传动系统驱动车轮旋转，车轮借助于摩擦力带动滚筒旋转，旋转的滚筒相当于移动的路面，以驱动轮在滚筒上旋转来模拟汽车在路面上行驶时的实际状态。通过滚筒带动测速传感器，测速传感器所发出的电压或脉冲频率随滚筒转速升高而增加，而滚筒的转速与车速成正比，测速传感器的信号与车速成正比。通过滚筒直径和转速传感器测出的滚筒转速就可通过下式计算出滚筒的线速度。

$$v=60\pi \cdot D \cdot n\times 10^{-6} \tag{5-3}$$

若已知车速表试验台滚筒直径是 D(mm)，转速传感器测出的滚筒转速是 n(r/min)，车速表试验台滚筒线速度 v(km/h)就可以求出。

因为车轮与滚筒间是无滑移的纯滚动，所以车轮与滚筒的线速度是一样的。滚筒线速度就相当于车辆的实际车速，这一速度可以通过试验台的速度指示仪表指示出来。如果检测过程中发现汽车车速表与试验台速度指示仪表的示值不相等，说明汽车车速表有误差。

5.1.3　车速表的检测方法

车速表的检测方法因试验台的型式不同而检测方法各不同，应根据使用说明书进行操作。车速表试验台通用的检测方法如下。

(1) 在滚筒处于静止状态检查指示仪表是否在零点上，否则应调零。

(2) 清除滚筒上杂物；检查举升器的工作应可靠；导线连接良好。

(3) 轮胎气压在标准范围内，并清除轮胎上的污物。

(4) 接通试验台电源，升起滚筒间的举升器。将被检车辆开上试验台，使输出车速信号的车轮与滚筒成垂直状态停放在试验台上；降下滚筒间的举升器，至轮胎与举升器托板完全脱离为止；用挡块抵住位于试验台滚筒之外的一对车轮，防止汽车在测试时滑出试验台。

使用标准型试验台时应进行如下操作：待汽车的驱动轮在滚筒上稳定后，松开驻车制动器，把变速器操纵杆挂入最高挡，踩下加速踏板使驱动轮带动滚筒平稳地加速运转。当汽车车速表的指示值达到规定检测车速(40km/h)时，读出试验台速度指示仪表的指示值，

或当试验台速度指示仪表的指示值达到检测车速时，读取车速表的指示值。

使用驱动型试验台时应进行如下操作：接合试验台离合器，使滚筒与电动机接合在一起；将汽车的变速器挂入空挡，松开驻车制动器，起动电动机，使电动机驱动滚筒旋转；当汽车车速表的指示值达到检测车速时，读取试验台速度指示仪表的指示值，或当试验台速度指示仪表达到检测车速时，读取汽车车速表的指示值。

测试结束后，轻轻踩下汽车制动踏板，使滚筒停止转动。对于驱动型试验台，必须先关断电动机电源，再踩制动踏板，然后升起举升器，去掉挡块，汽车驶离试验台。

5.1.4　检验标准

为了控制车速表的指示误差，汽车安全检测时，必须在车速表试验台上对汽车车速表进行检测，在 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》中，对汽车车速表的检查做了如下的规定：车速表指示误差(最高设计车速不大于 40km/h 的机动车除外)车速表指示车速 v_1(km/h)与实际车速 v_2(km/h)之间应符合关系式 $0 \leqslant v_1 - v_2 \leqslant (v_2/10)+4$。

即当实际车速为 40km/h 时，车速表的指示值应为 40～48km/h，或当汽车车速表指示值为 40km/h 时，实际车速为 32.8～40km/h，超过上述范围为车速表的指示不合格。

5.2　前照灯检测

5.2.1　汽车前照灯光学基础知识

光是一种电磁波，它以 300000km/s 的速度沿直线传播。全部电磁波的波长范围很广，其中宇宙射线波长小于 1nm；最长的交流电波长可达数兆米。人眼所能识别的光线波长范围为 0.4～0.7μm，这段波长范围的可见光线称为可见光。

机动车上所用的照明装置基本都是电光源形式。电光源是指当通以电流使金属物体丝发热变为光能后，通过辐射方式向外界发光的器件。近年来，高压氙灯和 LED 灯等新型灯具正在普及和研究。

1. 光的物理单位

以下介绍光的物理单位。

(1) 电光源的功率。电光源的功率是指加在灯泡灯丝上的端电压和流经灯丝上的电流的乘积，单位是瓦(W)，1W=1V·A。灯丝的电功率愈大，它的发光强度就愈大，灯就愈亮。

(2) 发光强度。发光强度是表示光源发光强度的物理量，计量单位是坎德拉，简称“坎”，单位符号用 cd 表示。按国际标准单位(SI)的规定，发光强度的定义是：一个光源发出的频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射，若在一定方向上的辐射强度为 1/683W/sr，即每球面度，即此光源在该方向上的发光强度为 1cd。1cd 等于在铂凝固点(1769℃或 4040K)的温度下，1cm 黑体平滑表面垂直方向上发光强度的 1/60。

(3) 光通量。光通量是指光波在单位时间内发出的总的可见光能量。单位是流明(Lm)。1Lm 规定为：发光强度为 1.02cd 的点光源在单位立体角内发出的光通量。

以上三项都是指电光源本身而言的。

(4) 照度。照度常用单位为勒克斯，单位符号用 lx 表示。它表示不发光物体被光源照明的程度，即表示受光面明亮度的物理量。若用 S 代表被照明的面积，Φ 代表照射到物体上的光通量，则照度为：$E=\frac{\Phi}{S}$，勒克斯为 1Lm 的光通量均匀分布在 $1m^2$ 表面上所产生的光照度。

2. 发光强度与照度的关系

如图 5.4 所示，在不计光源大小的情况下(视作点光源)，按距离光源远近来说，照度与离开光源距离的平方成反比，可以写成下式。

$$照度=\frac{发光强度}{离开光源距离的平方} \tag{5-4}$$

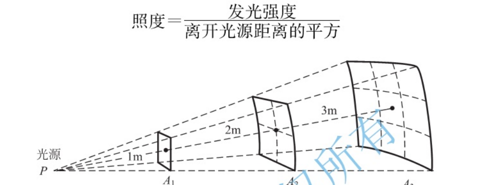


图 5.4　发光强度与照度的关系

例如：距离发光强度 2000cd 光源 1m 的地方，照度为 2000lx；离开 2m 的地方，照度为 2000/4=500lx；离开 10m 的地方，照度为 2000/100=20lx。

3. 前照灯的特性

前照灯的特性包括配光性能、全光束和照射位置 3 个方面，如图 5.5 所示。

1) 配光性能(光束分布)

配光性能是指用等照度曲线表示的明亮度分布特征，表明受照物体上各部位的照度大小，亦称光形分布特性，如图 5.5(a)所示。由于等照度曲线上每一点的照度是相等的，常以等照度曲线上某一点的照度值来要求。前照灯光束分布一般是水平方向宽，垂直方向窄。若等照度曲线左、右对称，不偏向一边，上、下扩展也不太宽，就称为好的配光性能。

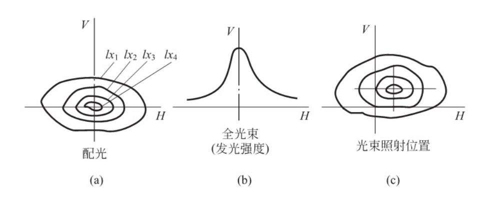


图 5.5　前照灯特性

还有一种非对称式配光，即光形分布有一条明显的明暗截止线(灯光投射到配光屏幕上，眼睛感觉到的明暗陡变的分界线)。非对称式配光有两种：一种是配光屏幕上，明暗截止线的水平部分在 V-V 线的左半边，右半边为与水平线向上成 15°的斜线，如图 5.6(a)所示。另一种是明暗截止线右半边为与水平线向上成 45°斜线至垂直距 25cm 转

向水平的折线，由于明暗截止线呈 Z 形，也称 Z 型配光，如图 5.6(b)所示，我国前照灯的近光灯已采用这种配光形式。

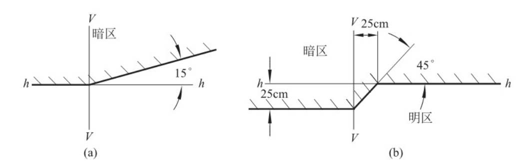


图 5.6　非对称配光示意图

2）全光束

全光束用明亮度分布纵断面的配光特性曲线来表示，该断面的积分值(该曲线的旋转体积)即为全光束。可以认为它是光源所发出光的总量，如图 5.5(b)所示。

3）光束照射位置

如果把光束最亮区域视做光轴的中心，那么它对于水平、垂直坐标轴交点的偏离就表示它的照射位置。

现在国际上通用两种配光标准，一种是欧洲式 ECE 标准，另一种是美国式 SAE 标准，如图 5.5(c)为 ECE 标准光束照射位置。

我国 GB 4599—94《汽车前照灯配光性能》标准规定采用欧洲经济委员会 ECE 标准。此标准中对前照灯的配光性能做了如下规定。

(1) 前照灯的配光应使其近光具有足够的照明和不眩目，远光具有良好的照明。

(2) 配光性能应在前照灯基准中心前 25m，过 H_V 点的垂直配光屏幕上测定，配光屏幕的具体布置如图 5.7 所示。图中的 H_V 点是指过灯的配光镜有效透光表面中心(即基准中心)的水平线至灯前配光屏幕的垂足，$v-v$ 是指在配光屏幕上过 H 点的垂直线；$h-h$ 线指的是在配光屏幕上过 H 点的水平线。

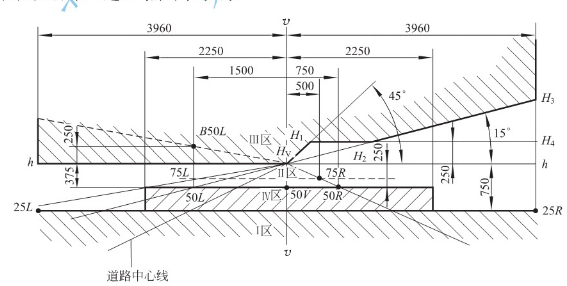


图 5.7　汽车配光屏幕的布置

(3) 近光的配光要求。

① 在配光屏幕上，近光应产生明显的明暗截止线，其水平部分在 $v-v$ 的左侧，右侧

为与水平线成向上 15°的斜线，或向上成 45°斜线至水平线垂直距 25cm 转向水平的折线。

② 在配光屏幕上的照度限制值应符合表 5－1 中的规定。

表 5－1　汽车前照灯近光配光性能照度规定

测试点或测试区域	白炽前照灯		卤钨前照灯	
	最大值/lx	最小值/lx	最大值/lx	最小值/lx
$B50L$	0.3	—	0.3，0.4[①]	—
$75R$	—	6	—	12
$75L$	—	—	12	—
$50R$	—	6	—	12
$50L$	—	—	15	—
$50V$	—	—	—	6
$25L$	—	1.5	—	2
$25R$	—	1.5	—	2
Ⅲ区任何点	0.7	—	0.7	—
Ⅳ区任何点	—	2	—	3
Ⅰ区任何点	20	2	$2E_{50R}$[②]	—

注：① 单光束为 0.3，双光束为 0.4；

② E_{50R}为实测照度。

③ 在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ区域内，其水平方向相邻的照度无明显的陡变，不影响良好的可见度。

(4) 光的照度。

① 在配光屏幕上的照度应符合表 5－2 中的规定。

表 5－2　汽车前照灯远光配光照度规定

测试点或测试区域	白炽前照灯		卤钨前照灯	
	最大值/lx	最小值/lx	最大值/lx	最小值/lx
最大照度	—	32	240	48
H 点	—	$0.9E_{max}$		$0.8E_{max}$
H 点至 1125L 和 R	—	16		24
H 点至 2250L 和 R	—	4		6

② 双光束卤钨前照灯的远光最大照度应不大于近光在 75R 点测试照度的 16 倍。

(5) 配光屏幕上照度测试的有效面积应包含在面积为 $65mm^2$ 的正方形内。

(6) 黄色光前照灯。

① 远光的配光要求要符合(5)条的规定；近光的要求要符合第(4)条的规定，封闭式白炽前照灯、封闭式卤钨前照灯和半封闭式卤钨前照灯的照度限制值的最小值应分别达到如表 5－2 所示规定最小值的 0.84、0.84 和 0.85 倍。

② 半封闭式黄色光前照灯允许以相同几何形状的无色配光镜等替代变成白色光前照灯，其配光要求应符合(4)和(5)的规定。

5.2.2　检测项目和标准

1. 屏幕法检测前照灯光束照射位置的检验标准

根据 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，汽车前照灯的检验指标为光束照射位置的偏移值和发光强度(cd)。前照灯光束照射位置应符合以下要求。

(1) 检验前照灯的近光光束照射位置时，在距离屏幕 10m 处，乘用车前照灯近光光束明暗截止线转角或中点的高度应为 0.7～0.9H(H 为前照灯基准中心高度)，其他机动车应为 0.6～0.8H；机动车前照灯近光光束水平方向位置向左偏不允许超过 170mm，向右偏不允许超过 350mm。

(2) 检验前照灯远光光束及远光单光束灯照射位置时，在距离屏幕 10m 处，要求在屏幕上光束中心离地高度，乘用车为 0.9～1.0H，其他机动车为 0.8～0.95H；机动车前照灯远光光束水平位置要求，左灯向左偏移不允许超过 170mm，向右偏移不允许超过 350mm；右灯向左或向右偏均不允许超过 350mm。

2. 屏幕法检测前照灯光束照射位置的检测方法

以下介绍屏幕法检测前照灯光束照射位置的检测方法。

(1) 检测的准备工作。GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》附录 D《前照灯光束照射位置检验方法》中规定，用屏幕法检测前照灯光束照射位置时，场地应平整，屏幕与场地应垂直，被检验的车辆应在空载、轮胎气压正常、乘坐一名驾驶员。将车辆停置于屏幕前，并与屏幕垂直，使前照灯基准中心距屏幕 10m，在屏幕上确定与前照灯基准中心离地面距离 H 等高的水平基准线，及以车辆纵向中心平面在屏幕上的投影线为基准确定的左、右前照灯基准中心位置线。分别测量左、右远近光束的水平或垂直照射方位的偏移值，如图 5.8 所示。

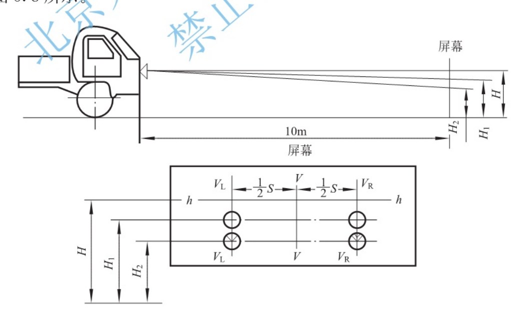


图 5.8　屏幕法检测前照灯光束照射位置

屏幕上画有 2 条垂直线和 3 条水平线：中间垂直线 $V-V$ 与被检车辆的纵向中心垂直面对齐。两侧的垂直线 V_L-V_L 和 V_R-V_R 分别为被检车辆左右前照灯基准中心的垂直线。

水平线中的 $h-h$ 线与被检车辆前照灯的基准中心等高，距地面高度为 H，H 为被检

车辆前照灯基准中心距地面的高度，其值视被检车型而定。中间水平线与被检车辆前照灯远光光束的中心等高，距地面高度为 H_1；下侧水平线与被检车辆前照灯近光光束的中心等高，距地面高度为 H_2。H_1 和 H_2 的值根据 GB 7258—2004 中的检验标准计算。

（2）检测时，先遮盖住一边的前照灯，然后打开前照灯的近光开关，未被遮盖的前照灯的近光明暗截止线转角或光束中心应落在图中下边水平线与 V_L-V_L 或 V_R-V_R 垂线的交点位置上，否则为光束照射位置偏斜。其偏斜方向和偏斜量可在屏幕上直接测量。用同样方法，检测另一边前照灯近光光束照射位置。

根据检测标准，检测调整前照灯光束的照射位置时，对远、近双光束灯应以检测调整近光光束为主。对于远光单光束前照灯，则要检测远光光束的照射位置。其光束中心应落在中间水平线与 V_L-V_L 或 V_R-V_R 垂线的交点位置上。

用屏幕法检测前照灯简单易行，但只能检测出光束的照射位置，不能检测发光强度。为适应不同车型的检测，需经常更换屏幕，检测效率低，同时，需要占用较大场地。目前广泛采用前照灯校正仪对汽车前照灯进行检测。

3. 利用前照灯校正仪检测前照灯发光强度标准

GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》规定，机动车每只前照灯的远光光束发光强度应达到表 5-3 中的要求。测试时，其电源系统应处于充电状态。

表 5-3　前照灯远光光束发光强度最小值要求(cd)

机动车类型	检查项目					
	新注册车			在用车		
	一灯制	两灯制	四灯制[①]	一灯制	两灯制	四灯制[①]
最高设计车速小于70km/h 的汽车	—	10000	8000	—	8000	6000
其他汽车	—	18000	15000	—	15000	12000

注：① 四灯制是指前照灯具有 4 个远光光束；采用四灯制的机动车，其中两只对称的灯达到两灯制的要求时视为合格。

4. 前照灯校正仪检测发光强度和光轴偏斜量

前照灯校正仪是按一定测量距离放在被检车辆的对面，用来检测前照灯发光强度与光轴偏斜量的专用设备。光轴偏斜量表示光束照射位置。

（1）前照灯校正仪的检测原理。前照灯校正仪的类型很多，但基本检测原理类似，一般均采用能把吸收的光能变成电流的光电池作为传感器，按照前照灯主光束照射光电池产生电流的大小和比例，来测量前照灯发光强度和光轴偏斜量。

① 发光强度的检测原理。测量前照灯发光强度的电路由光度计、可变电阻和光电池等组成，如图 5.9 所示。按规定的距离使前照灯照射光电池，光电池便按受光强度的大小产生相应的光电流使光度计指针摆动，指示出前照灯的发光强度。

② 光轴偏斜量的检测原理。测量前照灯光轴偏斜量的电路原理如图 5.10 所示，由两对光电池组成，左、右一对光电池 $S_{左}$、$S_{右}$ 上接有左、右偏斜指示计，用于检测光束中心的左、右偏斜量；上、下一对光电池 $S_{上}$、$S_{下}$ 上接有上、下偏斜指示计，用于检测光束中心的上、下偏斜量。当光电池受到前照灯光束照射时，如果光束照射方向偏斜，将分别使光电

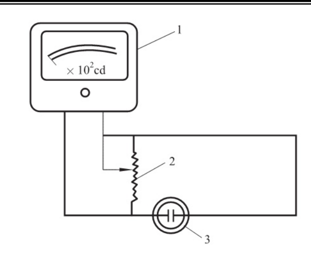


图 5.9　发光强度检测原理图

1—光度计；2—可变电阻；3—光电池

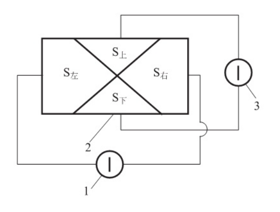


图 5.10　光轴偏斜量检测电路原量图

1—左、右偏斜指示计；2—光电池；
3—上、下偏斜指示计

池的受光面不一致，产生的电流大小也不一致。光电池产生的电流差值分别使上、下偏斜指示计及左、右偏斜指示计的指针摆动，从而检测出光轴的偏斜方向和偏斜量。

若通过适当的调节机构，调整光线照射光电池的位置，使 $S_{左}$、$S_{右}$ 和 $S_{上}$、$S_{下}$ 每对光电池受到的光照度相同，此时每对光电池输出的电流相等，两偏斜指示计的指针均指向零位，其调节量反映了光束中心的偏斜量。当偏斜指示计指针处于零位时，光电池受到的光照最强，4 块光电池所输出电流之和表明了前照灯的发光强度。

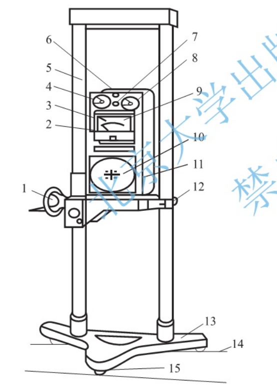


图 5.11　聚光式前照灯检测仪的结构

1—升降手轮；2— 光度计；3—左、右偏斜指示计；4—光轴刻度盘(左、右)；5—支柱；6—汽车摆正找准器；7—光度、光轴开关；8—光轴刻度盘(上、下)；9—上、下偏斜指示计；10—前照灯找准器；11—聚光透镜；12—角度调整螺钉；13—底座；14—导轨；15—车轮

(2) 按照结构特征与测量方法不同，前照灯校正仪可分为聚光式、屏幕式、投影式和自动追踪光轴式 4 种类型。这些不同类型的前照灯校正仪均由接受前照灯光束的受光器、使受光器与汽车前照灯对正的照准装置、前照灯发光强度指示装置、光轴偏斜方向和偏斜量指示装置及支柱、底板、导轨、汽车摆正找准装置等组成。

聚光式前照灯检测仪利用受光器的聚光透镜把前照灯的散射光束聚合起来，并导引到光电池的光照面上，根据其对光电池的照射强度，来检测前照灯的发光强度和光轴偏斜量。检测时，检测仪放在距前照灯前方 1m 处。如图 5.11 所示为聚光式前照灯检测仪的结构。

屏幕式前照灯检验仪是把前照灯的光束照射到屏幕上，从而检验发光强度和光轴偏斜量的，屏幕式前照灯检验仪的构造如图 5.12 所示。在固定的屏幕 3 上装有可以左方移动的活动屏幕 9，在活动屏幕上装有能上、下移动的内部带光电池的受光器 11。

检验时，移动受光器和活动屏幕。根据光度

计指示值为最大时的位置找到主光轴的方向，然后由固定屏幕和活动屏幕上的光轴刻度尺10 即可读出光轴偏斜量，同时可从光度计的指示值得出发光强度，通常测试距离为 3m。

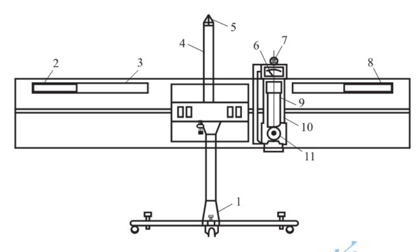


图 5.12　屏幕式前照灯检验仪

1—底座；2，8—光轴刻度尺(左、右)；3—固定屏幕；4—支柱；5—汽车摆正找准器；6—光度计；7—前照灯照准器；9—活动屏幕；10—光轴刻度尺(上、下)；11—受光器

投影式前照灯检验仪是将前照灯光束的影像映射到投影屏上，从而检验出发光强度和光轴偏斜量的，投影式前照灯检验仪的结构如图 5.13 所示。

检测时，检验仪置于前照灯 1m 或 3m(视具体仪器而定)前，前照灯的光束经透镜聚光、再经反射镜反射后，投影到检验仪的半透明投影屏幕上，在屏幕上可看到光束分布图形。

该图形近似于在 10m 屏幕上观察的光分布特性。其工作原理如图 5.14 所示。在聚光透镜附近安装对称布置的光电池，用于测量发光强度和照射位置。

自动追踪光轴式前照灯检测仪采用受光器自动追踪光轴的方法检测前照灯发光强度和光轴偏斜量。一般被检测距离为 3m。其构造如图 5.15 所示。

采用自动追踪光轴式前照灯检测仪检测时，前照灯的光束照射到检测仪的受光器上。此时，若前照灯光束照射方向偏斜，则主、副受光器的上、下光电池或左、右光电池的受光量不等，由其电流的差值控制受光器上、下移动的电动机运转，或使控制箱左、右移动的电动机运转，并通过传动机构牵动受光器上、下移动或驱动控制箱在轨道上左、右移动，直至受光器上下、左右光电池受光量相等为止。在追踪光轴时，受光器的位移方向和位移量由光轴偏斜指示计指示，此即前照灯光束的偏斜方向和偏斜量，发光强度由光度计指示。

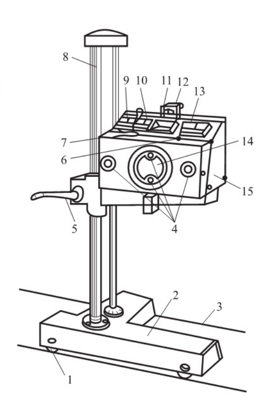


图 5.13　投影式前照灯检验仪结构

1—车轮；2—底座；3—导轨；4—光电池；5—上、下移动手柄；6—光轴刻度盘(上、下)；7—光轴刻度盘(左、右)；8—支柱；9—左、右偏斜指示计；10—上、下偏斜指示计；11—投影屏；12—车辆摆正找准器；13—光度计；14—聚光透镜；15—受光器

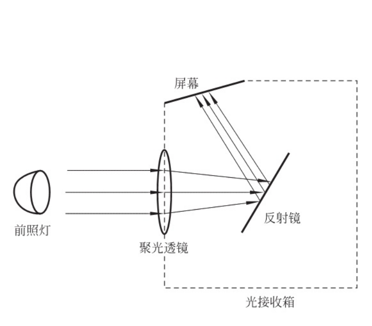


图 5.14　投影式前照灯检验仪

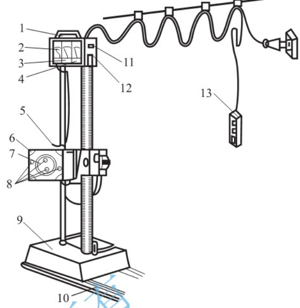


图 5.15　自动追踪光轴式前照灯检测仪

1—在用显示器；2—左、右偏斜指示计；3—光度计；4—上、下偏斜指示计；5—车辆摆正找准器；6—受光器；7—聚光透镜；8—光电池；9—控制箱；10—导轨；11—电源开关；12—熔断丝；13—控制盒

（3）前照灯发光强度和光轴偏斜量检查的准备工作。

① 仪器检测前的准备工作。在不受光的情况下，调整光度计和光轴偏斜量指示计是否对准机械零点，若指针失准，可用零点调整螺钉调整。检查聚光透镜和反射镜的镜面上有无污物，可用柔软的布料或镜头纸擦拭干净。检查水准器的技术状况，若水准器无气泡，应进行修理或更换；若气泡不在红线框内时，可用水准器调节器或垫片进行调整，清除导轨上的杂物。

② 被检车辆的准备工作。清除前照灯上的污垢；检查轮胎气压应符合汽车制造厂的规定；前照灯开关和变光器应处于良好状态；汽车蓄电池和充电系统应处于良好状态。

（4）检测结果分析。前照灯检验不合格有两种情况，一是前照灯发光强度偏低；二是前照灯照射位置偏斜。左、右前照灯发光强度均偏低时，应检查前照灯反光镜是否明亮，如昏暗或镀层剥落应予更换；检查灯泡是否老化，质量是否符合要求，否则应更换；检查蓄电池端电压是否符合要求。仅靠蓄电池供电，前照灯发光强度一般很难达到标准的规定，检测时发电机应供电。

左、右前照灯发光强度不一致时，应检查发光强度偏低的前照灯的反射镜是否符合要求，有否线路接触不良的情况。前照灯光束照射位置偏斜时，可能是由于前照灯安装位置不当或因强烈振动而错位所致，应予以调整。

根据检测标准，在检测调整光束照射位置时，对远、近双光束灯以检测调整近光光束为主。对于制造质量合格的灯泡、近光调整合格后，远光光束一般也能合格。若近光光束调整合格后，经复核远光光束照射位置不合格，则应更换灯泡。

5.3　汽车排放污染物检测

5.3.1　汽车排放污染物的主要成分及其危害

汽车给人们的出行和运输带来了极大便利，同时它对人类健康、社会和环境造成的危害已越来越被人们所重视。汽车的公害包括三个方面：排气对大气环境的污染，噪声对环境的危害，电器设备对无线电广播及电视的电波干扰。其中，排气污染的影响最严重，世界上许多国家都制定了严格的汽车及内燃机排放标准，成为汽车制造、使用、维修及检测所必须遵守的法规。

在我国，随着机动车保有量的持续增长，全国机动车污染物排放总量持续攀升。近年来北京、上海、广州等大城市机动车排放的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、细颗粒物在大气污染物中所占平均比例分别为80%、75%、68%和50%，已成为这些城市空气污染的第一大污染源。汽车所造成的环境污染日趋严重，严重影响了人民的身体健康和生存环境，已发展成为严重的社会问题。环境问题也成为中国未来发展所面临的诸多问题中最具挑战性的问题之一。

检测并控制汽车排放污染物，对于保护人类健康和生存环境具有重要意义。同时，汽车发动机所排出的污染物成分和浓度与发动机的技术状况密切相关，通过对发动机的排气污染物进行检测，可评价发动机的技术状况，特别是燃油供给系统和点火系统的技术状况。

1. 汽车排气污染物的主要成分

汽车排放的污染物，主要是一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化合物(NO_x)、铅化合物、二氧化硫(SO_2)、炭烟及其他一些有害物质。在相同工况下，汽油机排放的CO、HC和NO_x排放量比柴油机大。目前的排放法规对汽油机主要限制CO、HC和NO_x的排放量。柴油机对大气的污染较汽油机轻得多，燃烧时混合气形成时间非常短，在空气不足或混合气不均匀的情况下，主要是产生炭烟污染，可见排放法规主要限制柴油机排气的烟度。

汽车排气污染物主要有三个来源。

(1) 发动机排气管排出的废气(也称尾气)。汽车排放的有害污染物中，约有55%的HC和绝大部分CO、NO_x、SO_2、微粒等都是由排气管排出的。

(2) 曲轴箱窜气。曲轴箱窜气是从活塞与气缸之间的间隙漏出，再自曲轴箱经排气管排出的燃烧气体，曲轴箱窜气的主要成分是HC(占HC总排量的20%～25%)，其余还有CO、NO_x、SO_2等成分。

(3) 汽油蒸汽。汽油蒸汽是燃油供给系统等处产生的，包括化油器的浮子室因受发动机高温的影响，汽油蒸汽经空气滤清器排入大气和从汽油泵和油管接头处渗出的汽油蒸发散入大气，上述各处排放的主要是HC，约占总排出量的20%。

2. 汽车排气污染物的生成机理和危害

(1) CO。CO是燃料不完全燃烧的产物，是汽车尾气中最大的有害成分。当发动机混合气过浓、不均或燃烧质量不佳时，容易生成CO。特别是发动机怠速时，供给的混合气偏浓，发动机工作循环中的气体压力和温度不高，燃烧速度慢，因不完全燃烧而生成；发动机在加速过程中供给较浓的混合气，或因点火推迟补燃增多时，均会使CO的排放量增加。

CO是一种无色无味的有毒气体，它进入人体后极易与血液中担负输送氧气的血红蛋白结合，妨碍血红蛋白的输氧能力，从而阻碍了血液吸收和输送氧气，造成人体各部分缺氧，引起头痛、头晕、呕吐等中毒症状，严重时甚至造成人员死亡。

(2) HC。废气中的HC是发动机未燃尽的燃油分解所产生的气体。汽车排放污染物中，HC的20%～25%来自曲轴箱窜气，20%来自化油器和燃油箱中燃油的蒸发，其余来自排气管排出的废气，主要是由于混合气形成条件不良、电火花弱或温度过低造成的。发动机冷起动或怠速工况时混合气较浓，燃烧温度过低或燃油雾化不良时，发动机排出的废气中的HC含量增加。

当HC浓度较高时，使人出现头晕、恶心等中毒症状。而且，HC和NO_x在强烈的太阳光作用下，能反应生成一种有害的光化学烟雾，这种光化学烟雾滞留在大气中，造成大气严重污染，对人的眼睛、呼吸道及皮肤均有强烈的刺激性。HC对农作物也有较大危害。

(3) NO_x。NO_x是氮气和氧气在高温高压条件下反应而生成的。生成量取决于氧的浓度、温度及反应时间。发动机的负荷和压缩比越高，燃烧温度超高，燃烧终了气缸内的压力越高，生成NO_x的条件也越充分。汽车发动机所排出的NO_x，主要是NO(一氧化氮)和NO_2(二氧化氮)等氮氧化合物的总称。汽油机排出的氮氧化合物中，NO占99%，而柴油机排出的氮氧化物中NO_2的比例稍大。

NO与血液中血红蛋白的亲合力比CO还强，通过呼吸道及肺部进入血液，使血红蛋白失去输氧能力，产生与CO相似的中毒后果。NO_2侵入肺部深处的肺毛细血管，引起肺炎和肺气肿，同时还能刺激眼、鼻黏膜，麻痹嗅觉等。

(4) 微粒。汽油机排出的浮游微粒主要有铅化物、硫酸盐、低分子物质。当汽油机使用含铅汽油时，燃烧废气中将会有铅合物以微粒状从排气管排出。柴油机排出的微粒比汽油机多30～60倍，主要为含碳物质(碳烟)和高分子有机物(润滑油的氧化和裂解产物)。

碳烟是柴油发动机燃烧不完全的产物，随混合气的浓度增大而增加。当汽车起动、加速、上坡时，由于混合气过浓，碳烟排放量增加，或者柴油喷雾质量不高、雾化不良时，也会增大碳烟的排放量。

碳烟内含有大量的黑色碳颗粒，由直径为0.1～1.0μm的多孔碳粒构成，能影响道路的能见度，对人和动物的呼吸道极为有害，并因其含有少量的带有特殊臭味的乙醛，往往引起人们恶心和头晕。

(5) 硫化物。发动机排出的硫化物主要为SO_2(二氧化硫)，由燃油中含有的硫与空气中的氧反应而生成。SO_2有强烈的气味，可刺激人的咽喉与眼睛，甚至会使人中毒。若大气中含SO_2过多，还会形成“酸雨”，使土壤与水源酸化，影响自然界的生态平衡。

上述有害成分中，CO、HC和NO_x是主要的污染物质，目前汽车的排放标准和净化措施也主要是减低这3种成分的含量。

5.3.2　检测标准

1. 汽油车排放规定

汽油发动机在怠速运转时，由于节气门开度小、发动机转速低、残余废气量相对增大和燃烧温度低等原因，使得 CO 和 HC 的排放量明显增多。为此，在国家标准 GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》中予以限制，此标准于 2005 年 7 月 1 日起开始实施，取代以前广泛使用的《汽油车怠速污染物排放标准(GB 14761.5—93)》、《汽油车排气污染物的测量怠速法(GB/T 3845—93)》和《在用汽车排气污染物限值及测试方法(GB 18285—2000)》中的点燃式发动机汽车部分。本标准规定了点燃式发动机汽车怠速和高怠速工况下排气污染物排放限值及测量方法，同时规定了点燃式发动机轻型汽车稳态工况法、瞬态工况法和简易瞬态工况法等 3 种简易工况测量方法。本次修订增加了高怠速工况排放限值和对过量空气系数 λ 的要求。

1) 怠速工况法

怠速工况是指发动机在无负载运转状态，即离合器处于接合位置、变速器处于空挡位置(对于自动变速箱的车应处于“停车”或“P”挡位)，采用化油器供油系统的车，阻风门应处于全开位置，油门踏板处于完全松开位置。

采用怠速工况法，主要测量 CO 和 HC 的排放量。怠速工况法操作简便，但有一定的局限性。例如难于检测 NO_x 的排放情况，对于电喷发动机，由于其怠速控制部分是相对独立的，所以怠速测试合格并不能说明各种工况都合格。

2) 高怠速工况法

高怠速工况是指满足上述(除油门规定)条件，用油门踏板将发动机转速稳定在 50%额定转速或制造厂技术文件中规定的高怠速转速时的工况。GB 18285—2005 中将轻型汽车的高怠速转速规定为(2500±100)r/min，重型车的高怠速转速规定为(1800±100)r/min，如有特殊规定的，按照制造厂技术文件中规定的高怠速转速设置。高怠速工况法，是为了监控因化油器量孔磨损或因催化转化器转化效率降低，所造成的汽车排放恶化而采取的测量方法，其中高怠速排放值应低于低怠速测量值。

汽车怠速排气污染物排放限值应符合表 5-4 中规定的数值。

表 5-4　汽车怠速排气污染物排放限值(体积分数)

车　型	类　别			
	怠　速		高　怠　速	
	CO/%	HC/10^{-6}	CO/%	HC/10^{-6}
2005 年 7 月 1 日起新生产的第一类轻型汽车	0.5	100	0.3	100
2005 年 7 月 1 日起新生产的第二类轻型汽车	0.8	150	0.5	150
2005 年 7 月 1 日起新生产的重型汽车	1.0	200	0.7	200
1995 年 7 月 1 日前生产的轻型汽车	4.5	1200	3.0	900
1995 年 7 月 1 日起生产的轻型汽车	4.5	900	3.0	900
2000 年 7 月 1 日起生产的第一类轻型汽车[1]	0.8	150	0.3	100

（续）

车　　型	类　　别			
	怠　　速		高　怠　速	
	CO/%	$HC/10^{-6}$	CO/%	$HC/10^{-6}$
2001年10月1日起生产的第二类轻型汽车	1.0	200	0.5	150
1995年7月1日前生产的重型汽车	5.0	2000	3.5	1200
1995年7月1日起生产的重型汽车	4.5	1200	3.0	900
2004年9月1日起生产的重型汽车	1.5	250	0.7	200

注：① 对于2001年5月31日以前生产的5座以下（含5座）的微型面包车，执行1995年7月1日起生产的轻型汽车的排放限值。

对于使用闭环控制电子燃油喷射系统和三元催化转化器技术的汽车应进行过量空气系数(λ)的测定。发动机转速为高怠速转速时，λ应在(1.00±0.03)或制造厂规定的范围内。进行λ测试前，应按照制造厂使用说明书的规定预热发动机。

3）汽车排放污染物的多工况检测(ASM)

GB 18285—2005中也规定了稳态工况法、瞬态工况法和建议瞬态工况法等3种简易工况测量方法。稳态工况法是由ASM5025和ASM2540两个工况组成的。

这种测试方法是指车辆预热到规定的热状态后，加速至规定车速，根据车辆规定车速时的加速负荷，通过底盘测功机对车辆加载，使车辆保持等速运转的状态。在这样的工况下测试汽车尾气的排放情况。进行这样的试验需要两种设备：底盘测功机和排气分析仪。

(1) ASM 5025工况。经预热后的车辆加速至25km/h，测功机以车辆速度为25km/h，加速度为1.475m/s^2时的输出功率的50%作为设定功率对车辆加载。持续运转15s后，系统开始取样，持续运行10s，测试时间90s。

(2) ASM2540工况。在ASM5025工况试验结束后，车辆立即加速至40km/h，测功机以车辆速度为40km/h，加速度为1.475m/s^2时的输出功率的25%作为设定功率加载。持续运转15s后，系统开始取样，持续运行10s，测试时间90s。

对于按照GB 14761.1—93《轻型汽车排气污染物排放标准》的要求生产制造的点燃式发动机的汽车和装用符合GB 14761.2—93《车用汽油机排气污染物排放标准》点燃式发动机的汽车，使用的排放测量仪器应符合HJ/T 3—93《汽油机动车怠速排气检测仪技术条件》的规定。对于按照GB 18352.1—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(Ⅰ)》或GB 18352.2—2001《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(Ⅱ)》的要求生产制造的点燃式发动机汽车，以及装用符合GB 14762—2002《车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车污染物排放限值及测量方法》第二阶段排放限值的点燃式发动机的汽车，使用的排放测量仪器应符合附录A的规定。

从标准的实施之日起，全国点燃式发动机在用汽车排放监控，采用本标准规定的双怠速法排气污染物排放限值及测量方法，在机动车保有量大、污染严重的地区，也可按规定采用标准附录中所列的简易工况法。各省级有关行政主管部门可根据当地实际情况，确定在用汽车排放监控方案，选择双怠速法或简易工况法中的一种方法作为在用汽车排气污染物排放检测方法。对于同一车型的在用汽车实施排放监控，环保定期检测时不得采用两种

或两种以上的排气污染物排放检测方法。

2. 柴油车排放规定

柴油车排出的烟色，主要分为黑烟、蓝烟和白烟三种。其中，以柴油机在全负荷和加速工况时排出的黑色炭烟最为常见。

柴油车排气烟度检测目前已开始实施《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法(GB 3847—2005)》，2005 年 7 月 1 日起实施，自实施之日起，代替《压燃式发动机和装用压燃式发动机的车辆排气可见污染物限值及测试方法(GB 3847—1999)》、《汽车柴油机全负荷烟度排放标准(GB 14761.7—93)》、《汽车柴油机全负荷烟度测量方法(GB 3847—83)》、《柴油机自由加速烟度排放标准(GB 14761.6—93)》、《柴油车自由加速烟度的测量　滤纸烟度法(GB/T 3846—93)》和《在用汽车排气污染物限值及测试方法(GB 18285—2000)》中的压燃式发动机汽车部分。

GB 3847—2005 规定，按标准规定车型核准批准车型生产的在用汽车，应该按附录 I 的要求进行自由加速试验，所测得的排气光吸收系数不应大于车型核准批准的自由加速排气烟度排放限值，再加 $0.5m^{-1}$。标准规定 2001 年 10 月 1 日起生产的在用汽车，应该按附录 I 的要求进行自由加速试验，所测得的排气光吸收系数，自然吸气式不应大于 $2.5m^{-1}$，涡轮增压式不应大于 $3.0m^{-1}$。自 1995 年 6 月 30 日以前生产的在用汽车，应按附录 K 的要求进行自由加速试验，所得的烟度值应不大于 5.0Rb，自 1995 年 7 月 1 日至 2001 年 9 月 30 日期间生产的在用汽车，应按附录 K 的要求进行自由加速试验，所得的烟度值应不大于 4.5Rb。

5.3.3　汽油车怠速污染物检测

GB 18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法)》规定 CO、HC 采用不分光红外线法测量(Non-Dispersed Infrared，NDIR)。

1. 不分光红外线分析法的基本原理

汽车废气中的 CO、HC、NO 和 CO_2 等气体，都分别具有能吸收一定波长范围红外线的性质，而且红外线被吸收的程度与废气浓度之间有一定的关系，如图 5.16 所示。不分光红外线分析法就是根据这一原理，即根据废气吸收一定波长红外线能量的变化，来测量废气中各种污染物的浓度。例如 CO 主要吸收波长为 4.7μm 附近的红外线，为此我们可以让红外线通过一定量的汽车尾气，根据对比 4.7μm 红外线经过尾气前后能量的变化，来测定尾气中 CO 的含量。在各种气体混合的情况下，这种测量方法具有测量值不受影响的特点。

利用不分光红外线分析法原理制成的分析仪，既可以制成能测量 CO 和 HC 两种气体浓度的综合分析仪，也可以制成单独测量 CO(或 HC)的单项分析仪。

2. 不分光红外线气体分析仪的组成与工作原理

不分光红外线 CO 和 HC 气体分析仪，是一种能从汽车排气管中采集气样，并对其中所含 CO 和 HC 的浓度进行连续测量的仪器。它由废气取样装置、废气浓度指示装置和校准装置等组成。如图 5.17 所示为佛山 MEXA - 324 型不分光红外线气体分析仪，如图 5.18所示为废气流程图。

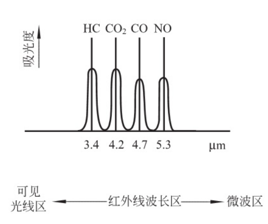


图 5.16　不同气体吸收红外线的情况

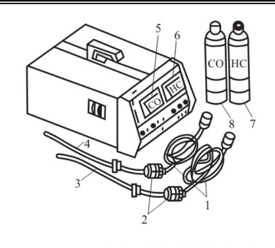


图 5.17　不分光红光外线气体分析仪

1—导管；2—滤清器；3—低浓度取样探头；4—高浓度取样探头；5—CO 指示仪表；6—HC 指示仪表；7—标准 HC 气样瓶；8—标准 CO 气样瓶

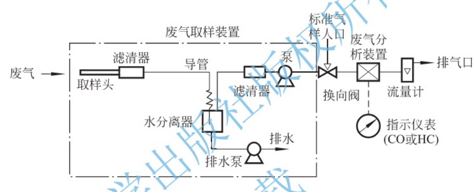


图 5.18　废气在分析仪内的流程

1）废气取样装置

由如图 5.18 所示的废气在分析仪内的流程可以看出，废气取样装置是由取样头、滤清器、导管、水分离器和泵等组成的。先由取样头、导管和泵从汽车的排气管里采集废气，再用滤清器和水分离器把废气中的炭渣、灰尘和水分除掉，只将废气送入分析装置。

2）废气分析装置

废气分析装置是尾气分析仪的核心部分。废气分析装置由红外线光源、气样室、旋转扇轮、测量室和传感器等组成，该装置是按照不分光红外线分析法，从来自取样装置的混有多种成分的废气中，测量出 CO 和 HC 的浓度，并以电信号形式输送给浓度指示装置的。

图 5.19 所示为不分红外线气体分析装置的结构原理简图，从两个红外线光源发出的红外线，分别通过标准气样室和测量气样室后到达测量室。在标准气样室里充有不吸收红外线的 N_2 气，在测量气样室里充有被测量的废气。测量室由两个分室构成，在两个分室中间装有金属膜式电容微音器作为传感器。为了能够从废气中选择出只需要测量的成分，在测量室的两个分室内，分别充入与被测气体相同的气体(在测量 CO 的分析装置内充入 CO 气体；在测量 HC 的分析装置内充入正己烷气体)。

当红外线通过旋转扇轮后断续地到达测量室时，由于通过测量气样室的红外线，所被测气体按其浓度大小吸收掉一部分一定波长的红外线，而通过标准气样室的红外线没有被吸收，因此在测量室的两个分室内因红外线的能量差别而出现温度差，从而导致两个分室的压力差，致使金属膜片弯曲变形。废气中被测气体浓度越大(两个分室红外线的能量差越大)，

金属膜片弯曲变形愈大。膜片弯曲变形使电容改变，电容改变引起电压改变，该电压信号经放大器放大后输送到浓度指示装置。

由于检测不同的尾气成分需要使用不同波长的红外光，所以在多种气体分析仪中需要相应数量的气体分析装置，如两个气体分析仪需要有两个分别检测 CO 和 HC 的分析装置。

图 5.19　不分光红外线气体分析仪的结构原理简图

1—主放大器；2—指示仪表；3—废气入口；4—测量气样室；5—排气口；6、7—红外线光源；8—标准气样室；9—旋转扇轮；10—测量室；11—电容微音室；12—前置放大器

3）指示装置

综合式分析仪的浓度指示装置主要由 CO 指示装置和 HC 指示装置组成，如图 5.20 所示。从废气分析装置送来的电信号，在 CO 指示仪表上 CO 浓度以体积百分数(%)为单位；在 HC 指示仪表上 HC 浓度以正己烷当量体积百万分数(10^{-6})为单位直接指示出来。仪表的指示可利用零点调整旋钮、标准调整旋钮和读数挡位转换开关等进行控制。此外，还可以通过气流通道一端设置的流量计，得知废气通道是否有滤清器脏污等异常情况。

4）校准装置

校准装置是为了保持分析仪指示精度，使之能经常显示正确指示值的一种装置。在分析仪上通常设有加入标准气样进行校准的校准装置和机械的简易校准装置。

(1) 标准气样校准装置是把标准气样从分析仪单设的一个专用注入口直接送到废气分析装置，如图 5.20 所示的 12，再通过比较标准气样浓度值和仪表指示值的方法来进行校准的装置。

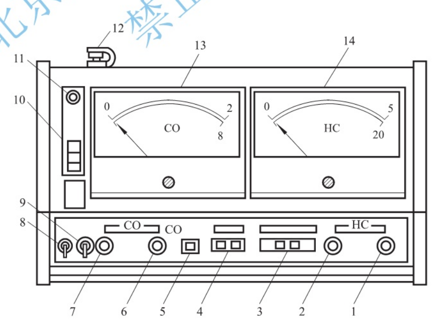


图 5.20　综合式分析仪面板图

1—HC 标准调整旋钮；2—HC 零点调整旋钮；3—HC 读数转换开关；4—CO 读数转换开关；5—简易校准开关；6—CO 标准调整旋钮；7—CO 零点调整旋钮；8—电源开关；9—泵开关；10—流量计；11—电源指示灯；12—标准气样注入口；13—CO 指示仪表；14—HC 指示仪表

(2) 简易校准装置是用遮光板把废气分析装置中通过测量气样室的红外线挡住一部分，用减少一定量红外线的方法进行简单校准的装置。

3. 双怠速法测试过程

(1) 仪器的准备。仪器的准备要按使用说明书要求做好各项检查工作，校准仪器。以MEXA 324F为例，首先用标准气样校准仪器。

① 接通电源，仪器预热30min。

② 按标准气体的浓度把量程切换开关置于要校正的量程。

③ 取下水分离器，导入新鲜空气。

④ 指针稳定后，旋转零位旋钮将指针调零。

⑤ 关掉分析仪上的泵开关。

⑥ 将标准气瓶嘴插入标准气入口并压紧，直到指针稳定，一般只需7～8s。

⑦ 旋转量距旋钮，使CO分析仪指针与标准气瓶所标明的浓度相符，使HC分析仪指针与换算出的正己烷浓度相符(标准气样为丙烷)，按照正己烷换算浓度＝标准气样(丙烷)浓度×换算系数的关系进行换算。换算系数是分析仪的给出值，常标在分析仪右侧，一般为0.472～0.578。每台仪器的换算系数各不相同。

(2) 车辆的准备。

① 应保证被检测车辆处于制造厂规定的正常状态，发动机进气系统应装有空气滤清器，排气系统应装有排气消声器，并不得有泄漏。

② 应在发动机上安装转速计、点火正时仪、冷却液和润滑油测温计等测量仪器。测量时，发动机冷却液和润滑油应不低于80℃，或者达到汽车使用说明书规定的热车状态。

③ 取样探头插入排气管深度应不小于400mm，否则排气管应接管加长，但须保证接口处不漏气。

④ 按规定调整怠速和点火正时。

(3) 检测方法。

① 发动机由怠速工况加速至0.7倍额定转速，维持30s后降至高怠速状态，并使转速稳定；把量程转换开关调到最高量程挡位。

② 取样探头插入排气管中，深度等于400mm，并固定于排气管上。

③ 发动机在高怠速状态，维持15s后开始读数，由具有平均值功能的仪器读取30s内的平均值，或者人工读取30s内的最高值和最低值，其平均值即为高怠速污染物测量结果。

④ 发动机从高怠速降至怠速状态15s后，由具有平均值功能的仪器读取30s内的平均值或者读取30s内的最高值和最低值，其平均值即为怠速污染物测量结果。

⑤ 对于使用闭环控制电子燃油喷射系统和三元催化转化器技术的汽车，还应同时读取过量空气系数λ的数值。

⑥ 若发动机为多排气管，检测结果取各排气管检测结果的平均值。

⑦ 测试中保证仪器处于废气浓度的合适量程挡位。

⑧ 检测工作结束后，从排气管中取出取样探头，吸入新鲜空气约5min，仪器指针回零后关掉电源。

4. 简易工况法测试过程

GB 18285—2005 中也规定了稳态工况法、瞬态工况法和建议瞬态工况法等三种简易工况测量方法。下面主要以稳态工况法进行说明，如图 5.21 所示为稳态工况法运转循环图。

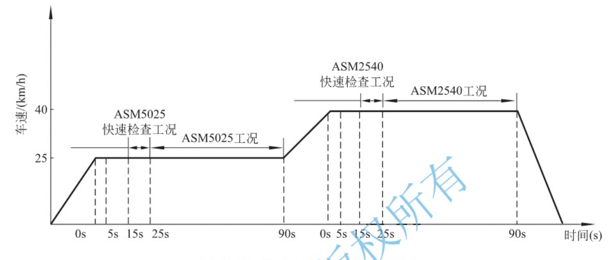


图 5.21　稳态工况法运转循环图

稳态工况法由 ASM5025 和 ASM2540 两个工况组成，试验运转循环见表 5-5。

1）ASM5025 工况

车辆经预热后，加速至 25km/h，测功机根据测试工况要求加载，工况计时器开始计时(t=0s)，车辆保持(25±1.5)km/h 等速 5s 后开始检测。当测功机转速和扭矩偏差超过设定值的时间大于 5s，检测应重新开始。系统根据分析仪最长响应时间进行(如果分析仪响应时间为 10s，则预置时间为 10s，t=15)，然后系统开始快速检查工况，计时器为 t=15s 时分析仪开始测量，每秒测量一次，并根据稀释修正系数及湿度修正系数计算 10s 内的排放平均值。运行 10s，快速检查工况结束。车辆运行至 90s，ASM5025 工况结束。测功机在车速(25.0±1.5)km/h 的允许误差范围内，加载扭矩应随车速的变化进行相应的调整，保证加载功率不随车速改变。扭矩允许误差为该工况设定扭矩的±5%。

表 5-5　稳态工况法(ASM)试验运转循环表

工况	运转次序	速度/(km/h)	操作时间 t/s	测试时间 t/s
5025	1	25	5	
	2	25	15	
	3	25	25	10
	4	25	90	65
2540	5	40	5	
	6	40	15	
	7	40	25	10
	8	40	90	65

在测量过程中，任意持续 10s 内第 1 秒至第 10 秒的车速变化相对于第 1 秒小于 ±0.5km/h，测试结果有效。快速检查工况的 10s 内排放平均值经修正后如果等于或低于限值的 50%，则测试合格，检测结束，否则应继续运行至 90s 工况。如果所有检测污染物连续 10s 内的平均值均低于或等于限值，则该车应判定为 ASM5025 工况合格，继续进行 ASM2540 检测。如任何一种污染物连续 10s 的平均值超过限值，则测试不合格，检测结束。在检测过程中如任意连续 10s 内的任何一种污染物 10 次排放值经修正后均高于限值的 500%，则测试不合格，检测结束。

2）ASM2540 工况

车辆从 25km/h 直接加速至 40km/h，测功机根据测试工况要求加载，工况计时器开始计时(t=0s)，车辆保持(40±1.5)km/h 等速 5s 后开始检测。当测功机转速和扭矩偏差超过设定值的时间大于 5s 时，检测应重新开始。系统根据分析仪最长响应时间进行(如果分析仪响应时间为 10s，则预置时间为 10s，t=15)，然后系统开始快速检查工况，计时器为 t=15s 时分析仪开始测量，每秒测量一次，并根据稀释修正系数及湿度修正系数计算 10s 内的排放平均值。运行 10s(t=25)，快速检查工况结束。车辆运行至 90s，ASM5025 工况结束。测功机在车速(40.0±1.5)km/h 的允许误差范围内，加载扭矩应随车速的变化进行相应的调整，保证加载功率不随车速改变。扭矩允许误差为该工况设定扭矩的 ±5%。

在测量过程中，任意持续 10s 内第 1 秒至第 10 秒的车速变化相对于第 1 秒小于 ±0.5km/h，测试结果有效。快速检查工况的 10s 内排放平均值经修正后如果等于或低于限值的 50%，则测试合格，检测结束，否则应继续运行至 90s 工况。如果所有检测污染物连续 10s 内的平均值均低于或等于限值，则该车应判定为合格。如任何一种污染物连续 10s 的平均值超过限值，则测试不合格，检测结束。在检测过程中如任意连续 10s 内的任何一种污染物 10 次排放值经修正后均高于限值的 500%，则测试不合格，检测结束。

5.3.4　柴油车自由加速烟度检测

柴油机的排气烟度用烟度计来测量。烟度计大致分为滤纸式烟度计、透光式烟度计和重量式烟度计等多种。使用不同的烟度计，烟度的定义也不同。我国 GB 3847—2005 标准规定使用不透光烟度计，逐步取代以前采用的滤纸式烟度计。

不透光烟度计的显示仪表应有两种计量单位，一种为绝对光吸收系数单位，从 0 到趋于∞(m^{-1})；另一种为不透光的线性分度单位，从 0 到 100%。两种计量单位的量程，均应以光全通过时为 0，全遮挡时为满量程。光吸收系数(k)表示光束被单位长度的排烟衰减的一个系数，它是单位体积的微粒数 n，微粒的平均投影面积 a 和微粒的消光系数 Q 三者的乘积。

不透光度 0～100%与光吸收系数 k 之间的关系见下式。

$$k=-\frac{1}{L}\ln\left(1-\frac{N}{100}\right) \tag{5-5}$$

式中，N——不透光度读数(%)；

　　k——相应的光吸收系数值；

　　L——光通道有效长度。

自由加速工况的定义：在发动机怠速下，迅速但不猛烈地踩下油门踏板，使喷油泵供

给最大油量。在发动机达到调速器允许的最大转速前，保持此位置。一旦达到最大转速，立即松开油门踏板，使发动机恢复至怠速。

自由加速滤纸式烟度的定义：在自由加速工况下，从发动机排气管抽取规定长度的排气柱所含的碳烟，使规定面积的清洁滤纸染黑的程度。

柴油车排气烟度的测量，从测量方法、测量仪器到烟度的允许限值，到目前为止没有形成世界性的统一标准，各国都根据本国的具体情况制定了有关规定。GB 3847—2005 规定在用车可以继续使用滤纸式烟度计。

1. 滤纸式烟度计的组成与工作原理

滤纸式烟度计是应用最广泛的烟度计之一，有手动、半自动和全自动 3 种类型。其结构都是由取样装置、染黑度检测与指示装置和控制装置等组成。如图 5.22 所示为常见滤纸式烟度计的结构示意图，例如佛山 FBY－1 型烟度汁。

图 5.22　滤纸式烟度计的结构示意图

1—排气管；2—进给机构；3—滤纸；4—光电传感器；5—指示仪表；6—脚踏开关；7—电磁阀；8—抽气泵；9—滤纸卷；10—取样探头

(1) 取样装置。废气取样装置由取样探头、活塞式抽气泵和取样软管等组成。取样探头有台架用和整车试验用两种形式。整车试验用取样探头带有散热片，并有安装夹具以便固定在排气管上，如图 5.23 所示。取样探头在活塞式抽气泵的作用下抽取废气，其结构形状应能保证在取样时不受排气动压影响。

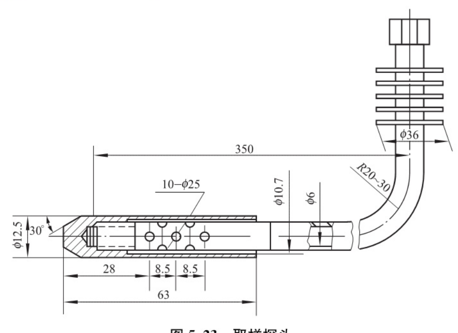


图 5.23　取样探头

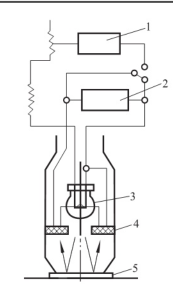


图 5.24 染黑度检测与指示装置原理

1—电源；2—指示仪表；3—光源；4—光电元件；5—滤纸

(2) 染黑度检测装置。染黑度检测与指示装置原理如图 5.24所示。它由光源(白炽灯泡)、光电元件(环形硒电池)和指示电表等组成。它是根据光学反射作用，由光源的光线射向已被炭烟染黑的滤纸，光线一部分被黑色炭烟吸收，一部分被滤纸反射至光电元件，从而产生相应的光电流。指示装置按光电流大小分 1～10 个刻度，称为允许烟度单位(Rb)。刻度 0 表示白滤纸的色度，刻度 10 表示全黑滤纸的色度。

检测装置一般都备有供标定或校准用的标准烟样。标准烟样的标定值一般选在 5Rb 左右。指示电表应经标准烟样校准，以保持其测量精度。

(3) 控制装置。控制装置包括用脚操纵的抽气泵开关、滤纸进给机构和压缩空气清洗机构等。压缩空气清洗机构能在取样前，用压缩空气清洗取样头和取样软管内的残留废气炭粒。

2. 测试过程

以下介绍测试过程。

(1) 仪器准备。

① 通电之前，检查指示电表指针是否在机械零点上，否则用零点调整旋钮使指针与“10”的刻度重合。

② 通电后，仪器预热。用标准色纸(白滤纸和标准烟样)检查指示电表指针是否符合染黑度数据，并进行调整。

③ 检查取样装置和控制装置中各部件的工作情况，特别要检查脚踏开关与抽气泵动作是否同步。

④ 检查控制用和清洗用压缩生气的压力是否符合要求。

⑤ 检查滤纸进给机构的工作情况。检查滤纸是否合格，应洁白无污。

(2) 汽车准备。

① 进气系统应装有空气滤清器，排气系统应装有消声器，并且不得有泄漏。

② 排气管应能够保证取样探头插入深度≥300mm，否则，排气管应加接管，并保证接口不漏气。

③ 必须采用生产厂规定的柴油机润滑油和未加消烟剂的柴油。

④ 测量时发动机冷却水和润滑油温度应达到规定的热状态。

(3) 测量方法。

① 取样探头逆气流固定于排气管内，插深等于 300mm，并使其中心线与排气管轴线平行。

② 将踏板开关安装在加速踏板上端，或将手动橡皮球通过远控软管引入驾驶室。

③ 把抽气泵压到最下端并锁止。

④ 按照自由加速工况进行 3 次，以便将排气管内的炭粒除掉。

⑤ 按自由加速工况和取样循环要求，在取样期间内完成抽气泵抽气、滤纸走位、抽气泵回位、滤纸夹紧、指示器读数等过程。注意每次循环取样应在 20s 内完成。

⑥ 测量 4 次，取后 3 次读数的算术平均值即为所测烟度值，如图 5.25 所示。

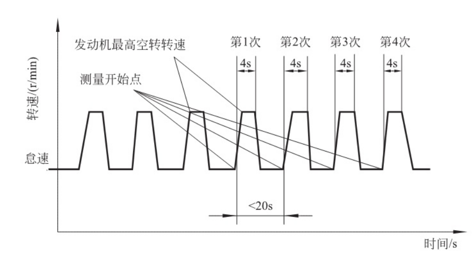


图 5.25 自由加速烟度试验循环

⑦ 用 300～400kPa 的压缩空气清洗取样管路。

⑧ 当汽车发动机出现黑烟冒出排气管的时间和抽气泵开始抽气的时间不同步的现象时，应取最大烟度值。

5.3.5 四气体与五气体检测

在 GB 18285—2005 检测中采用多气体尾气分析仪，其中四气体分析仪应能检测 CO、CO_2、HC 和 O_2 4 种成分的体积分数，并能按规定计算过量空气系数(λ)值。五气体分析仪还应包括 NO 或 NO_x 成分的体积分数检测。其中 CO、CO_2、HC 的测量采用不分光红外线法(NDIR)，O_2 采用电化学电池法，NO 采用电化学法，NO_x 应采用 CLA(化学发光法)原理或 NDUVR(非扩散紫外线谐振吸收法)原理。

5.4 汽车噪声检测

5.4.1 噪声及其危害

噪声的一般定义是：频率和声强杂乱无章的声音组合，造成对人和环境的影响。更人性化的描述是：人们不喜欢的声音就是噪声。

噪声对人类在生理、心理和社会各个方面都有影响。长期在高噪声环境下工作和生活会危害人体的健康。首先，噪声损伤听觉器官，可引起暂时性听阈偏移，即由强噪声环境到比较安静的地方要经过一段时间才能恢复原来的听觉，重者可产生噪声性耳聋；强烈的噪声能引起精神失常，对神经、心脏、消化系统产生不良影响，引起头晕、头痛、失眠、心跳加速、血压升高等多种疾病；再者，噪声影响人们的正常休息和工作。

在现代城市环境噪声源中，交通运输产生的噪声最大。约占城市噪声的 70%，而其中机动车辆产生的噪声占交通运输噪声的 80%左右。随着机动车辆数量的增加和汽车向快速和大功率方面的发展，它们所产生的噪声已成为一些大城市的主要噪声源，加上机动车噪声是流动性的，影响范围大，干扰时间长，因而城市居民深受其害。

机动车车辆发出的种种噪声，基本上可归纳为两大类：一类是发动机运转发出的机械噪声、燃烧噪声、进排气噪声、电磁噪声和冷却风扇噪声等；另一类是机动车行驶时发出的轮胎噪声、底盘的机械噪声、制动噪声、风阻噪声、车厢振动噪声、喇叭噪声和转向、倒车时的蜂鸣信号等。这些噪声随车辆的类型和发动机的类型不同而异，同时与车辆的技术状况和使用状况有关。我国最早于1979年就公布了《机动车辆允许噪声》国家标准。

5.4.2 噪声的一般概念

以下介绍噪声的一般概念。

(1) 噪声的声压和声压级。噪声的主要物理参数有声压与声压级、声强与声强级和声功率与声功率级。其中声压与声压级是表示声音强弱的最基本的参数。

声压是指由于声波的存在引起在弹性介质中压力的变化值。声音的强弱取决于声压，声压越大，听到的声音越强。人耳可以听到的声压范围是 2×10^{-5} Pa(听阈声压)～20Pa(痛阈声压)，相差100万倍，用声压的绝对值表示声音的强弱会感到很不方便，为此人们常用声压级来表示声音的强弱。

声压级是指某点的声压 p 与基准声压(听阈声压) p_0 (2×10^{-5} Pa)的比值取常用对数再乘以20的值 $L_p=20\lg\dfrac{p}{p_0}$，单位为分贝(dB)。可闻声声压级范围为0～120dB。

(2) 噪声的频谱。人耳对声音的感觉不仅与声压有关，而且还与声音的频率有关。人耳可闻声音的频率范围为20～20000Hz。一般的声源，并不是仅发出单一频率的声音，而是发出具有很多频率成分的复杂声音。声音听起来之所以会有很大的差别，就是因为它们的组成成分不同造成的。因此，为全面了解一个声源的特性，仅知道它在某一频率下的声压级和声功率级是不够的，还必须知道它的各种频率成分和相应的声音强度，这就是频谱分析。

以声音频率(Hz)为横坐标、以声音强度(如声压级 dB)为纵坐标绘制的噪声测量图形，称为频谱图。人耳可闻声音的频率有1000多倍的变化范围，在实际频谱分析中不可能逐个频率分析。在声音测量中，让噪声通过滤波器把可闻声音的频率范围分割成若干个小的频段，称为频程或频带。频带的上限频率 f_h(或称上截止频率)与下限频率 f_L(或称下截止频率)具有的关系，$\dfrac{f_h}{f_l}=2^n$，当 $n=1$ 时称为倍频程或倍频带，频带的中心频率 $f_m=\sqrt{f_h\cdot f_l}$，可闻声音频率范围用10段倍频程表示。

(3) 响度和响度级。响度和响度级能表示人所感受到的声音的强弱程度，它是一种与人耳的听觉特性有关的，人对声音强弱的主观表示法，这种表示法不仅与声音的声压有关，而且与声音的频率有关。

响度的单位为宋，1宋的声压级为40分贝(dB)、频率为1000Hz纯音所产生的响度；响度级的单位为方，1方的数值等于根据听力正常的听者判断为等响的1000Hz纯音的声压级分贝值(dB)。

(4) 噪声级。声压级相同的声音，但由于频率不同，听起来并不一样响。相反，不同频率的声音，虽然声压级也不同，但有时听起来却一样响，用声压级测定的声音强弱与人们的生理感觉往往不一样。对噪声的评价常采用与人耳生理感觉相适应的指标。

为了模拟人耳对不同频率有不同的灵敏性，在声级计内设有一种能够模拟人耳的听觉特性，把电信号修正为与听觉近似值的网络，这种网络称作计权网络。通过计权网络测得的声

压级，已不再是客观物理量的声压级，而是经过听感修正的声压级，称作计权声级或噪声级。

经过频率计权网络测得的声压级称为声级，国际电工委员会(IEC)对声学仪器规定了A、B、C等几种国际标准频率计权网络，它们是参考国际标准等响曲线而设计的。单位记做 dB(A)、dB(B)和 dB(C)。A计权声级模拟人耳对 55dB 以下低强度噪声的频率特性，是对等响曲线中 40 方纯音的响应，它的曲线形状与 340 方的等响曲线相反，从而使电信号的中、低频段有较大的衰减。B计权声级模拟 55～85dB 的中等强度噪声的频率特性，是对 70 方纯音的响应，它使电信号的低频段有一定的衰减。C计权声级模拟高强度噪声的频率特性，是对 100 方纯音的响应，在整个声频范围内有近乎平直的响应。三者的主要差别是对噪声低频成分的衰减程度不同，A衰减最多，B次之，C衰减量最少。A计权声级由于其特性曲线接近于人耳的听感特性，因此目前应用最广泛，B、C计权声级已逐渐不被采用。

5.4.3　检测标准

GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》中，对噪声进行了限制，规定汽车驾驶员耳旁噪声不应大于 90dB(A)，客车以 50km/h 的速度匀速行驶时，客车车内噪声不应大于 79dB(A)。测量位置及匀速行驶噪声检验方法符合 GB/T 18697—2002 规定。GB 7258 规定驾驶员耳旁噪声检验方法按附录 F 进行，汽车空载，处于静止状态且置变速器于空挡，发动机应处于额定转速状态，门窗紧闭。环境噪声应低于被测噪声值至少 10dB(A)，声级计置于“A”计权，“快”挡。

GB/T 18697—2002 规定由于汽车车内噪声级明显与测量位置有关，应该选择能够代表驾驶员和乘客耳旁的车内噪声分布足够的测量点。其中一个测量点必须选在驾驶员座位。对于轿车来说，也可以在后排座位上追加一个测量点。对于公共汽车来说，应该考虑在中间和后部追加测量点，沿着汽车的纵向轴线附近。

合适的座位和站立位置都应作为测量点。测量点的确切位置如图 5.26 所示。传声器的垂直坐标是(无人)坐椅的表面与靠背表面的交线以上(0.70±0.05m)处。水平坐标应在坐椅的中心面(或对称面)上；在驾驶员座位上，水平横坐标向右(右置方向盘的汽车则向左)到座位中心面的距离(0.20±0.02m)；站立处的传声器位置的垂直坐标应在地板以上

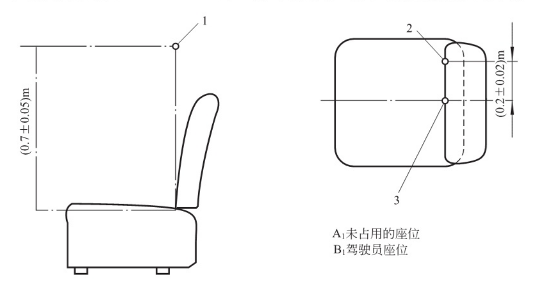


图 5.26　测量点的确切位置

1—测量点 A 和 B；2—测量点 B；3—测量点 A

(1.6±0.1m)处。水平坐标应在所选测量点站立的位置上；卧姿的传声器位置是在(无人)枕头的中部以上(0.15±0.02m)处。

在测试过程中，除驾驶员位置外，所选的测量位置上不得有人。传声器离车厢壁或坐椅垫的距离必须大于0.15m。传声器应以最大灵敏度的方向(具体方向按照制造厂规定)水平指向测量位置坐着或站立的乘客视线方向，如果不能定义这个方向，则应指向行驶方向。所采用的传声器在测试噪声过程中必须按一定形式安装，以使其不会受到汽车振动的影响。传声器安装应该能够防止其与汽车之间产生过大(约振幅为20mm)的相对运动。只要声级计的制造厂家未做说明，则(传声器)最大灵敏度的方向应与其中心方向一致。

5.4.4　声级计的组成与工作原理

在汽车噪声的测量方法中，国家标准规定使用的仪器是声级计。声级计是一种能把噪声以近似于人耳听觉特性测定其噪声级的仪器。可以用来检测机动车的行驶噪声、排气噪声和喇叭声音响度级。

声级计根据测量精度不同，可分为精密声级计和普通声级计两类；根据所用电源不同可分为交流式声级计和直流式声级计两类，后者也可以称为便携式声级计，具有体积小、质量小和现场使用方便等特点。

精密声级计的测量误差约为±1dB，普通声级计约为±3dB。声级计按用途可分为两类：一类用于测量稳态噪声，另一类则用于测量不稳态噪声和脉冲噪声。积分式声级计是用来测量一段时间内不稳态噪声的等效声级的，噪声计量计也是一种积分式声级计，主要用来测量噪声暴露量。脉冲式声级计是用于测量脉冲噪声的，这种声级计符合人耳对脉冲声的响应及人耳对脉冲声反应的平均时间。

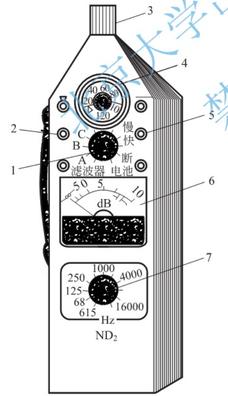


图 5.27　ND_2 型精密声级计

1—计权网络旋钮；2—外接滤波器；3—电容传声器；4—衰减器；5—放大器输出；6—指示表头；7—滤波器旋钮

声级计是噪声测量中最基本的仪器，声级计一般由传声器、放大器、衰减器、计权网络、检波器、指示表头和电源等组成。其工作原理是：由传声器将声音转换成电信号，再由前置放大器变换阻抗，使传声器与衰减器匹配。放大器将输出信号加到计权网络，对信号进行频率计权(或外接滤波器)，然后再经衰减器及放大器将信号放大到一定的幅值，送到有效值检波器(或外接电平记录仪)，在指示表头上给出噪声声级的数值。图5.27所示为我国生产的ND_2型精密声级计。

传声器是将声波的压力转换成电压信号的装置，也称话筒，是声级计的传感器。常见的传声器有动圈式和电容式等多种形式。电容式传声器具有动态范围大、频率响应平直、灵敏度高和稳定性好等优点，应用广泛。

在放大线路中采用两级放大器，即输入放大器和输出放大器，其作用是将微弱的电信号放大。输入衰减器和输出衰减器是用来改变输入信号的衰减量和输出信号的衰减量，以便使表头指

针指在适当的位置上。衰减器每一挡的衰减量为10dB。

为了使经过放大的信号通过表头显示出来，声级计还需要有检波器，以便把迅速变化的电压信号转变成变化较慢的直流电压信号。这个直流电压的大小要正比于输入信号的大小。根据测量的需要，检波器有峰值检波器、平均值检波器和均方根值检波器之分。峰值检波器能给出一定时间间隔中的最大值，平均值检波器能在一定时间间隔中测量其绝对平均值。多数的噪声测量中均采用均方根值检波器，均方根值检波器能对交流信号进行平方、平均和开方，得出电压的均方根值，最后将均方根电压信号输送到指示表头。指示表头是一只电表，只要对其刻度进行标定，就可从表头上直接读出噪声级的dB值。

目前，测量噪声用的声级计，表头响应按灵敏度可分为4种。

(1)“慢”。表头时间常数为1000ms，一般用于测量稳态噪声，测得的数值为有效值。

(2)“快”。表头时间常数为125ms，一般用于测量波动较大的不稳态噪声和交通运输噪声等。快挡接近人耳对声音的反应。

(3)“脉冲或脉冲保持”。表针上升时间为35ms，用于测量持续时间较长的脉冲噪声，如冲床、按锤等，测得的数值为最大有效值。

(4)“峰值保持”。表针上升时间小于20ms，用于测量持续时间很短的脉冲声，如枪、炮和爆炸声，测得的数值是峰值，即最大值。

5.5　汽车侧倾稳定性检验

汽车侧倾试验台是对轮式机动车辆进行侧倾稳定角、质心位置、轮质量、轴质量、总质量和任一侧倾角度下车轮法向载荷等参数进行测量的专用检测设备。其中，侧倾稳定角、质心位置等是影响汽车操纵稳定性、制动性和行驶安全性的重要参数。

5.5.1　侧倾试验台的基本组成

侧倾试验台一般由机械装置、液压系统、电气系统和打印机等组成。下面以国产JT-l0型汽车侧倾试验台为例介绍其结构和工作原理。该试验台集机、电、液于一体，由微机完成测试过程控制和数据的采集、处理、显示、打印等功能。

1. 机械装置

机械装置用于支承被测车辆，并将被测车轮的法向载荷按规定的关系传递给测力系统，还能防止被测车辆在测试状态下的滑移和翻倾。机械装置由托架、称重板、支承机构、定位机构、锁止机构和防滑防翻机构等组成。

2. 液压系统

液压系统用于完成机械装置及其上机动车辆的侧倾、锁止和复位。液压系统由调压、调试、闭锁、同步和平衡等基本液压回路组成。

3. 电气系统

电气系统用于完成侧倾试验台的测试、显示、控制和打印等功能。电气系统由电源电路、组合转换电路、A/D转换电路、单片机硬件电路、单片机接口电路、控制电路、调整

补偿电路、放大测量电路、角测量电路和显示电路等组成。

被测车辆开上侧倾试验台台面，对车辆进行必要的约束，在液压系统作用下，使侧倾试验台台面连同其上的被测车辆发生侧倾，由电气系统完成侧倾试验台的控制、测试、显示和打印等功能。

5.5.2　侧倾试验台的使用方法

1. 准备工作

1）试验台准备

（1）检查侧倾试验台机械装置、液压系统和电气系统，确保连接可靠，定位正确，密封良好，无异常现象和影响测试的因素存在。

（2）打开电源总开关、电控系统电源开关，起动液压系统电动机，预热20min。

2）车辆准备

（1）检查车辆技术状况，应保证车辆在测试状态下不漏油、不漏水，车辆各部总成、机构连接可靠。

（2）车辆平稳缓慢地驶上侧倾试验台台面，停于正确的测试位置（使汽车纵向轴线尽可能与侧倾试验台纵向轴线重合或平行），严禁在侧倾试验台台面上紧急制动。

（3）根据测试需要，实施车辆防滑、防翻的约束，确保车辆测试安全。

3）测试准备

（1）台面划分。将侧倾试验台台面划分为A、B、C、D四个支承平面，如图5.28所示。被测车辆开上试验台的方向如图中箭头所示，即左前轮置于D板上，右前轮置于C板上，左后轮置于A板上，右后轮置于B板上。当然．也可选择反方向进入试验台台面。此时，左前轮置于B板上，右前轮置于A板上，左后轮置于C板上，右后轮置于D板上。

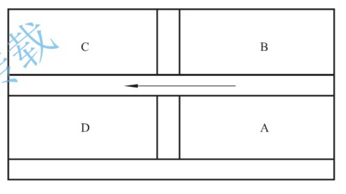
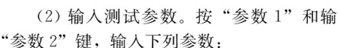


图5.28　台面划分图



（2）输入测试参数。按“参数1”和输“参数2”键，输入下列参数：

T_1——第一轴轮距值(mm)；

T_2——第二轴轮距值(mm)；

L——轴距值(mm)。

（3）打印机输出以下内容。

W_A——A板质量(kg)；

W_B——B板质量(kg)；

W_C——C板质量(kg)；

W_D——D板质量(kg)；

W——A、B、C、D四块板总质量；

W_{L1}——左前轮质量(kg)；

W_{R1}——右前轮质量(kg)；

W_1——第一轴质量(kg)；
W_{L2}——左后轮质量(kg)；
W_{R2}——右后轮质量(kg)；
W_2——第二轴质量(kg)；
W_Z——汽车总质量(kg)；
L_O——质心距第一轴的距离(mm)；
M——质心偏离车辆纵向对称面的距离(右偏为正，左偏为负)(mm)；
E_{01}——前轴负荷率(%)；
H——质心高度(mm)。

(4) 功能键与显示说明如下。

① 测试功能键。侧倾试验台电控面板和液控面板如图 5.29 所示。电控面板上设有“标定”、“称重”、“水平”、“质心”、“倾角”五大测试功能键和数字参数键。测试功能键如图 5.30 所示，数字参数键如图 5.31 所示。各功能键的功能如下。

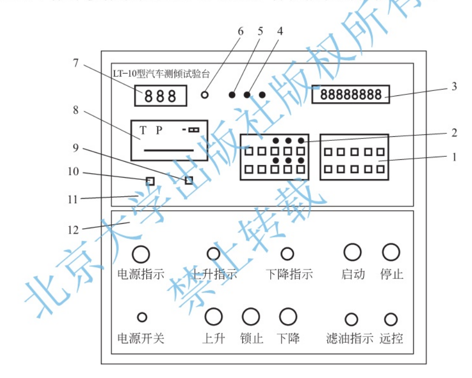


图 5.29　侧倾试验台电控面板和液控面板

1—数字键盘；2—功能键盘；3—数据显示器；4—“双轮”指示灯；5—“单轮”指示灯；6—角度复零键；7—角度显示器；8—打印机面板；9—打印机电源开关；10—系统电源开关；11—电控面板；12—液控面板

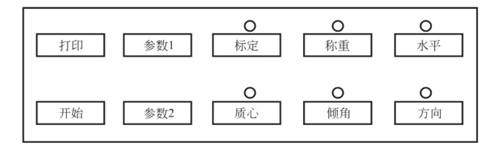


图 5.30　侧倾功能键图

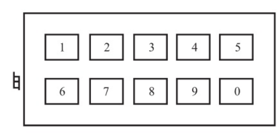


图 5.31　数字参数键图

"标定"键：测定对应角度下各称重板空载状态的法向载荷。

"称重"键：测定各称重板对应角度下的法向载荷。

"水平"键：测定车辆在水平状态选定方向下的轮质量、轴质量、总质量和质心的平面坐标。

"质心"键：测定车辆在选定方向和选定角度下的质心高度。

"倾角"键：测定车辆在选定方向和选定角度下的侧倾稳定角和最大侧倾稳定角。

② 升降功能键。如侧倾试验台液控面板图 5.29 中之 12 所示。其上有"上升"、"锁止"、"下降"、"启动"、"停止"五个按键和"远控"组合按键，以控制液压系统的工作，并由与之对应的功能指示灯指示液压系统的工作状态，完成侧倾试验台的升降和停止等功能。各按键功能如下。

"启动"键：用于启动液压系统电动机工作。

"停止"键：用于停止液压系统电动机工作。

"上升"键：用于控制液压缸的举升。

"下降"键：用于控制液压缸的下降。

"锁止"键：用于控制液压缸的停位。

"远控"键：并行完成液压系统的停止、上升、锁止、下降控制。

上述的"上升"、"锁止"、"下降"和"远控"键用于液压系统的功能转换，不改变电动机的工作状态。

③ 显示说明。侧倾试验台电控面板上设有角度显示器和数据显示器。

当侧倾试验台处于水平位置时，开机后按"角复零"键，角度显示器显示为"0.00°"，角测量系统进入试验台侧倾角度测试状态。

开机后测控系统自动进入待命状态，数据显示器显示"HELLO"。此时进入某一测试功能的方法是：在待命状态下按相应的功能键，对应的指示灯亮，系统即进入该功能测试状态。退出某一测试功能的方法是：再按一下亮灯对应的功能键，指示灯熄灭，数据显示器又显示"HELLO——"，测控系统回到待命状态。

2. 测试方法

以下介绍测试方法。

(1) 标定方法。在每次开机测量时，应先对侧倾试验台进行标定，其方法如下。

① 试验台在空载水平位置，测控系统在待命状态，角度显示器显示"0.00°"，数据显示器显示"HELLO"。

② 按"标定"键，标定指示灯亮，数据显示器显示"x x x x x"。起动电动机，按液控面板上的"上升"键，试验台缓慢升起，角度显示器显示"x x. x°"。测控系统自动采集称重板在各倾角下的空板载荷数据。

③ 在标定过程中，数据显示器显示四个称重板的总载荷。当需要观察各称重板对应的载荷时，可通过电控面板上的数字键进行选择。按数字链"1"、"2"、"3"、"4"、"0"时，可分别显示 A、B、C、D 四块称重板的载荷和四块称重板的总载荷。

当侧倾试验台台面倾角大于 45°时，液压系统自动停止上升，数据显示器显示“——END”。

④ 按“标定”键，标定指示灯熄灭。按液控面板上的“下降”键，将试验台台面降至水平位置，系统回到待命状态，标定过程结束。

(2) 称重方法。

① 在待命状态下，按“称重”键，称重指示灯亮，系统进入称重状态。

② 起动电动机，按被控面板上的“上升”键，试验台台面缓慢升起，系统自动采集、显示称重板在各倾角下的载荷数据。

③ 在称重状态下，数据显示器循环显示试验台台面倾斜角度下称重板上的法向载荷。

当需要观察某一称重板的载荷变化时，可通过电控面板上的数字键进行选择。按数字键“1”、“2”、“3”、“4”、“0”时，可分别显示 A、B、C、D 四块称重板的载荷和四块称重板的总载荷。

当侧倾试验台台面倾角大于 45°时，液压系统自动停机并显示“45°OVER”。当倾角小于 45°时，系统恢复正常显示。

当 A 板称重测量结果溢出时，显示“A OVER”，其他三板依次类推。

④ 在称重过程中，按“打印”键，可打印出当前倾角下各称重板上的法向载荷。

⑤ 在称重状态下，按“称重”键，称重指示灯熄灭，系统退出称重功能，回到待命状态。

(3) 水平测车方法。

① 在待命状态下，按“水平”键，水平指示灯亮，系统进入水平测车状态。

② 用电控面板上的“方向”键选择汽车的前进方向，方向指示灯不亮时(默认状态)表示：前左轮在 D 板上，前右轮在 C 板上。灯亮时则表示：前左轮在 B 板上，前右轮在 A 板上。此时，数据显示器显示“T_1x x x x”，表示可用数字键输入 T_1(第一轴轮距)的数据。数据显示器中哪一位数闪烁，就输入哪一位。

按“参数 1”键，数据显示器显示“T_2x x x x”，表示可用上述方法用数字键输入 T_2(第二轴轮距)的数据。然后，可用“参数 1”键观察、修改 T_1、T_2 的数据。

按“参数 2”键，数据显示器显示“Lx x x x”，表示可用数字键输入、修改 L(轴距)的数据。数据显示器中哪一位数闪烁，即可输入哪一位数据。

③ 按“开始”键，系统采集测试数据并计算结果。

④ 水平测试结束后，数据显示器显示“——END”。此时，按“打印”键可打印测试结果。

在整个水平测车状态中，可随时按“水平”键回到待命状态。此前输入的参数仍然有效，但测量结果不再保留。

(4) 质心高度测试方法。

① 在待命状态下，按“质心”键。质心指示灯亮，系统进入侧倾法测质心高度状态。

② 用电控面板上的“方向”键选择汽车进台方向(方法同“水平”)。此时，数据显示器显示“T_1x x x x”，表示可用数字键输入 T_1(第一轴轮距)的数据。数据显示器中哪一位数闪烁，即可输入哪一位数据。

按“参数 1”键，数据显示器显示“T_2 x x x x”，表示可用上述方法输入 T_2(第二轴轮距)数据。然后，可用“参数 1”键观察、修改 T_1、T_2 的数据。

按“参数 2”键，数据显示器显示“01 x x. x°”，表示可用数字键输入第一个测定质心高度所选定的侧倾角度值。

再按“参数 2”键，数据显示器显示“02 x x. x°”，表示可用数字键输入第二个侧定质心高度所选定的侧倾角度值。依次类推，最多可选择输入 10 个不同的侧倾角度。如不需要输入 10 个不同的侧倾角度值，其余测量序号下的角度值应置为零。

输入的角度值应小于或等于 45°。如大于 45°，则按“参数 2”键时不能转到下一个测量序号的输入状态，按“开始”键也不起作用。

③ 参数输入完毕，按“开始”键，显示器显示 4 个称重板的总载荷。

④ 起动电动机，按液控面板上的“上升”键，试验台台面缓慢升起，系统开始采集、显示 4 块称重板不同倾角下对应的法向载荷，方式同称重状态。

⑤ 若参数输入完毕后按“开始”键，数据显示器显示“NOT00. 0°”，并闪烁几下，则表示此时试验台位置不为零位。应将试验台恢复到零位状态，然后再按“开始”键。当试验台台面倾斜角度大于所设定的最大角度时，数据显示器显示“——END”。

⑥ 按“打印”键，打印机打印检测结果。

在整个质心高度测试状态中，可随时按“质心”键回到待命状态。此时，输入的参数仍然有效，但测试结果不再保留。

(5) 侧倾稳定角测试方法。

① 在待命状态下，按“倾角”键，倾角指示灯亮、系统进入倾角测试状态。

② 用电控面板上的“方向”键选择汽车进台方向(方法同“水平”)。

③ 按“开始”键，数据显示器显示 W_A 和 W_D 中载荷较小者。

④ 起动电动机，按液控面板上的“上升”键，试验台台面缓慢升起，倾角测试开始。测试过程中，数据显示器显示 W_A 和 W_D 中载荷较小者，当测试到 W_A 或 W_D 小于或等于 20kg 时，“单轮”指示灯亮，自动停车，此时的角度为<1°。

⑤ 按液控面板上的“上升”键，继续测试。当第二个车轮载荷小于或等于 20kg 时，“双轮”指示灯亮，自动停车，显示“——END”，此时的角度为<2°。

⑥ 倾角测试完毕，按“打印”键，打印机打印检测结果。

在测试过程中，若按“打印”键，则自动停车，打印测试结束。再按“开始”键和液控面板上的“上升”键，可继续倾角测试过程。

在整个倾角测试过程中，均可按“倾角”键，返回待命状态。测试过程中如出现系统错误，按任意键则系统复位，此前的标定值仍然有效。

5.5.3 诊断参数标准

根据国家标准 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》的规定，车辆在空载、静态状态下，向左侧和右侧倾斜最大侧倾稳定角不得小于以下数值。

(1) 三轮机动车(包括三轮汽车和三轮摩托车，下同)25°。

(2) 双层客车 28°。

(3) 总质量为车辆整备质量的 1.2 倍以下的机动车 30°。

(4) 卧铺客车、总质量不小于整备质量的 1.2 倍的专用作业车和轮式专用机械车 32°。

(5) 其他车辆(两轮摩托车及轻便摩托车除外)35°。

5.6　客车防雨密封性检测

防雨密封性是汽车，尤其是乘用车的重要性能之一。良好的防雨密封性，可保证车厢内干燥、清洁、舒适，使乘客保持良好的旅行心态，并使驾驶员专注驾驶，保证行车安全。

汽车防雨密封性是指汽车处于静止状态，在规定的人工淋雨试验条件下，关闭全部门、窗和孔口盖时，防止雨水进入车厢的能力。

防雨密封性检测是用人工淋雨设备来测试汽车的防雨密封能力，这种试验适用于各类客车。QC/T 476—2007《客车防雨密封性限值及试验方法》对 GB/T 3730.1—2001《汽车和挂车类型的术语和定义》规定的各类客车的防雨密封性，作出了限值和试验方法的规定，由客车改装的专用车、具有驾驶室和封闭式车厢的汽车可参照执行。QC/T 476—2007 标准自 2008 年 5 月 1 日起实施，代替 GB/T 12480—1990《客车防雨密封性试验方法》和 QC/T 476—1999《客车防雨密封性限值》。

5.6.1　淋雨设备的组成和工作原理

汽车防雨密封性试验设备为人工淋雨试验台。淋雨装置为循环过滤系统，主要由水泵、压力自动调节阀、水压表、主管路、分管路、支管路、流量计、流量调节阀、喷嘴、喷嘴架、喷嘴架驱动调整装置及蓄水池等组成。由喷嘴及喷嘴架构成前后、左右及顶部五个矩形喷淋面，若淋雨试验涉及带行李舱的客车，还应设置底部矩形喷淋面。各喷嘴与支管路连接，在通向前喷淋面及通向其他喷淋面的分管路起始端，分别设置流量计和流量调节阀。淋雨试验台系统设备如图 5.32 所示。

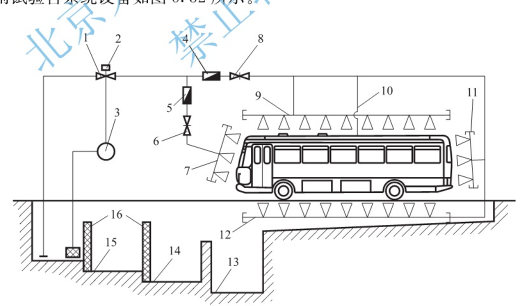


图 5.32　淋雨试验台示意图

1—压力自动调节阀；2—水压表；3—水泵；4、5—流量计；6、8—流量调节阀；
9—顶部淋雨管路；10—侧面淋雨管路；11—后部淋雨管路；
12—底部淋雨管路；13、14、15—沉淀池；16—滤网

淋雨设备工作原理是由电机驱动水泵，水从蓄水池内不断泵入主管路，经过压力调节和流量调节，进入淋雨管路，通过喷嘴射向车体表面，喷射出的水被汇集流入蓄水池，经过多级沉淀、过滤后，循环使用。

5.6.2　试验条件及参数

1. 喷淋要求

各喷淋面应涵盖淋雨试验所涉及的外形尺寸最大的车型以及各种车型的受检部位，喷淋面可为移动式，以适应车辆外形及尺寸的变化。车身前部、侧面、后部及顶部的各受检部位均应处于受雨状态。带行李舱的客车，其行李舱底部也应处于受雨状态。

标准将不同类型客车及喷淋部位的喷淋量进行了统一，规定车身前部平均淋雨强度为(12±1)mm/min，车身侧面、后部、顶部及底部平均淋雨强度为(8±1)mm/min，应定期检查淋雨强度是否符合要求。

2. 水泵压力及流量

水泵供水压力设定为(150±10)kPa，扬程、流量以及管路直径等应满足使用要求。

3. 喷嘴数量极其布置

在各喷淋面支管路上均匀安装喷嘴，喷嘴间横向及纵向间距为0.4m，喷嘴数量应保证对应车身外表面各受检部位处于淋雨区域内。顶部及底部喷嘴的轴线与水平面垂直，前部及后部喷嘴的轴线与车辆纵向对称面平行，侧面喷嘴的轴线与车辆纵向对称面垂直。喷嘴垂直朝向对应车身。底部喷嘴位于地面以下0.2m，其余喷嘴与车身外表面距离为(0.7±0.2)m。喷嘴出水应均匀且呈60°圆锥体形状，喷孔直径为2.5～3mm，所有喷嘴的尺寸及内部结构应相同。

5.6.3　客车防雨密封性的检测方法

1. 试验步骤

将试验车停放在淋雨场地内指定位置；观察记录员进入车厢，然后关闭全部门、窗及孔口盖；启动淋雨设备，待淋雨状态稳定后试验开始，试验时间为15min；试验开始后5min，试验人员开始观察并记录车厢内各部位的渗漏情况，若渗漏部位有内护板遮挡，应将该部位的内护板拆除。对渗漏状态无法确定的，可将适当大小的矩形金属薄板紧贴渗漏部位，与铅垂线呈45°向下，将渗漏的雨水引流，以雨水离开薄板的状态判断渗漏情况；对于带行李舱的客车，试验人员应在试验结束后，擦净行李舱门接缝处的积水，打开行李舱门，观察并记录行李舱内部的渗漏情况，行李舱底板如有水迹，每处均按慢滴处理；达到规定淋雨时间后关闭淋雨设备，结束试验。

2. 流量计算

标准简化了流量计算方法，取消了淋雨面积的计算，对应流量计算公式为

$$Q=\frac{6FN}{625} \tag{5-6}$$

式中，Q——对应流量(m^3/h)；

F——平均淋雨强度(mm/min)；

N——流量计所对应的喷嘴总数，各喷嘴的喷淋面积按 0.16m^2 计算。

3. 淋雨强度调节

将分管路流量调节阀置于某一开度，启动淋雨设备，将主管路压力调节至规定值，分别调节分管路流量调节阀开度，使分管路流量计示值分别达到规定平均淋雨强度的对应值。

4. 试验数据处理及质量评定

如果水从缝中缓慢出现，并附着在车身内表面向周围漫延，这种现象称为渗(seep)；如果水从缝隙中出现，并且以少于或等于每分钟 30 滴的速度，离开或沿着车身内表面断续落下，这种现象称为慢滴(slow drop)；如果水从缝隙中出现，并且以大于每分钟 30 滴且少于或等于每分钟 60 滴的速度，离开车身内表面断续地落下，这种现象称为滴(drop)；如果水从缝隙中出现，并且以大于每分钟 60 滴的速度，离开或沿着车身内表面断续落下，这种现象称为快滴(fast drop)；如果水从缝隙中出现，并离开或沿着车身内表面连续不断地向下流淌，这种现象称为流(flow)。

试验数据处理采用扣分法，每辆受检客车的初始分值为 100 分，按每出现一处渗扣 1 分，每出现一处慢滴扣 2 分，每出现一处滴扣 4 分，每出现一处快滴扣 6 分，每出现一处流扣 10 分，累计，初始分减去全部所扣分值即是实得分值，如出现负分，仍按零分计。实得分值即为试验结果。

5.6.4　客车防雨密封性限值

QC/T 476—2007 对客车防雨密封性允许限值见表 5-6。

表 5-6　客车防雨密封性限值

客 车 类 型		限值/分
小 型 客 车		≥94
旅游客车 长途客车	车长≤9m	≥94
	车长＞9m	≥92
城市客车	车长≤9m	≥92
	车长＞9m	≥90
双层客车、铰接客车、无轨电车		≥88

小　　结

本章叙述了汽车综合性能检测的基本内容，涉及汽车车速表、前照灯、排放污染物、噪声、侧倾和防水密封性的检测。汽车车速表需要对指示误差进行检测；汽车前照灯的特性包括配光性能、全光束和照射位置三个方面，检验指标为光束照射位置的偏移值和发光强度。排放污染物检测包括汽油机的双怠速法和简易工况法，柴油机的自由加速

法，涉及 CO、HC、NO_x 和烟度的检测；噪声是利用声级计在汽车规定车速下，对驾驶员耳旁噪声和车内噪声进行检测；防水密封性是在人工淋雨试验条件下对汽车防雨密封性进行检测。

习　　题

1. 填空题

5-1　汽车车速表由________和________组成。

5-2　车速表试验台按有无驱动装置可分为________和________。

5-3　标准型车速表试验台由________、________和速度报警装置等组成。

5-4　车速表的检测方法有________和________两种。

5-5　光是一种电磁波，它以 ________的速度沿直线传播。

5-6　机动车上所用的照明装置基本都是________形式。

5-7　在照明灯发光强度不变的情况下，物体离开光源越远，被照明的程度越________。被照明物的________的变化，与离开光源的距离有关，而且遵守一定的规律——________法则。

5-8　前照灯的特性包括________、________和________ 3 个方面。

5-9　我国采用________配光形式。

5-10　我国的排放法规主要限制汽油机的________、________和________的排放量和柴油机排气的________。

5-11　GB 18285—2005 规定了点燃式发动机汽车 ________和________工况下排气污染物排放限值及测量方法，同时规定了点燃式发动机轻型汽车________、________和简易瞬态工况法等 3 种简易工况测量方法。本次修订增加了________排放限值和对________的要求。

5-12　高怠速工况法，是为了监控因________或因________所造成的汽车排放恶化而采取的测量方法。其中高怠速排放值应________低怠速测量值。

5-13　稳态工况法是由________和________两个工况组成的。

5-14　GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》中，对噪声进行了限制，规定汽车驾驶员耳旁噪声不应大于________ dB(A)，客车以________的速度匀速行驶时，客车车内噪声不应大于________ dB(A)。

5-15　GB 18285—2005 规定 CO、CO_2、HC 的测量采用 ________法，O_2 采用________法，NO 采用________法，NO_x 应采用________原理或________原理。

5-16　声级计是噪声测量中最基本的仪器，一般由________、放大器、________、________、________、指示表头和电源等组成。

5-17　侧倾试验台一般由 ________、________、________和打印机等组成。

5-18　汽车防雨密封性是指汽车处于________状态，在规定的 ________条件下，关闭全部门、窗和孔口盖时，防止雨水进入________的能力。

5-19　尾气分析仪的 CO 指示仪表上的浓度以________为单位；在 HC 指示仪表上的浓度以________为单位。

5-20　不透光烟度计的显示仪表应有两种计量单位，一种为________单位，从 0 到

趋于∞；另一种为________单位。

2. 问答题

5-21　如何判定汽车车速表指示误差是否合格？
5-22　说明标准型与电动机驱动型车速表试验台的区别。
5-23　国标中对车速表指示误差如何规定？
5-24　阐述影响汽车车速表指示误差的原因。
5-25　说明发光强度、光通量和照度是如何定义的？
5-26　汽车前照灯诊断的主要参数是哪些？
5-27　如何判断车速表是否合格？
5-28　什么是 Z 型配光？
5-29　如何利用屏幕法检测前照灯光束照射位置？
5-30　说明前照灯校正仪的检测原理。
5-31　汽车排气中的主要污染物有哪些？
5-32　如何进行双怠速排放试验？
5-33　如何进行柴油机自由加速烟度试验？
5-34　噪声的主要物理参数有哪些？
5-35　说明汽车各种排气污染物来源。
5-36　说明不分光红外线气体分析仪的组成与工作原理。
5-37　说明汽车排气污染物产生机理。
5-38　说明国标中对怠速工况的定义。
5-39　说明光吸收系数、不透光度的定义。
5-40　说明自由加速工况的定义。
5-41　什么是自由加速滤纸式烟度？
5-42　说明双怠速法检测方法。
5-43　对机动车车辆发出的噪声进行分类。
5-44　说明声级计的工作原理。
5-45　国家标准对汽车噪声及其测量方法做了哪些规定？
5-46　如何对汽车进行防雨密封性测试？
5-47　如何对汽车防雨密封性进行质量评定？

第6章　汽车电源系统和起动系统故障诊断

教学提示：汽车电源系统包括蓄电池、发电机及其调节器，提供汽车用电设备所需的电能。起动系统主要由起动机及其控制电路组成，核心是起动机，用来起动发动机。汽车电源系统和起动系统若使用、维护、操作不当，不仅本身容易损坏，不能正常使用，还影响汽车上的其他电子设备，甚至造成事故。本章主要介绍了汽车蓄电池、发电机及电压调节器和起动机故障诊断的方法，是合理使用、维护和修理它们的依据。

教学要求：本章重点是让学生了解电源系统和起动系统的常见故障和原因，理解它们的故障诊断方法与特点；掌握故障及其诊断的分析方法。

6.1　汽车蓄电池故障诊断

6.1.1　蓄电池的常见故障及其原因

蓄电池的电气性能、使用寿命和故障类型，不仅取决于蓄电池的结构因素，还与使用条件和维护情况密切相关。汽车用蓄电池多为铅酸蓄电池，主要由极板、隔板、外壳、电解液、连接条、极桩等组成。常见故障如下。

1. 内部短路

蓄电池正、负极板间直接接触或被其他导体搭接使之短路的故障称为内部短路。

(1) 故障现象。

① 蓄电池组开路，端电压过低，起动机运转无力或起动时电压迅速下降。

② 充电时，某格电池电解液相对密度上升很慢，产生气泡很少，温度上升很快，电压很低或者为零。

(2) 故障原因。内部短路故障形成的原因主要有：隔板破损、脱落的活性物质沉积在极板组底缘或粘附在负极板上缘、极板组严重弯曲等。

2. 极板活性物质大量脱落(正极板上二氧化铅脱落)

以下介绍极板活性物质大量脱落(正极板上二氧化铅脱落)。

(1) 故障现象。充电时，电解液里有褐色物质自底部上升至表面。

(2) 故障原因。电解液密度过高、温度过低、充放电电流过大等都会使脱落速度加快；蓄电池制造质量高低、汽车行驶中的震动、电解液结冰等也是影响活性物质脱落的重要因素。

3. 正极板弯曲

在使用中，若蓄电池经常以大电流放电，因极板表面各部位的电流密度不同而使各部

位活性物质转变为硫酸铅的量不同。由于硫酸铅膨胀系数大而使极板各部位的体积膨胀量不同，引起极板弯曲。正极板弯曲严重时会使负极板随之弯曲。

4. 极板硫化

蓄电池极板上生成的白色粗品质晶粒硫酸铅的现象称为极板硫酸铅硬化，简称为极板硫化。

（1）故障现象。

晶粒硫酸铅导电性能差，正常充电时很难还原为二氧化铅和海绵状铅。充电时电解液密度上升很慢，温度却上升很快，会过早出现“沸腾”现象；同时，由于粗晶粒堵塞活性物质空隙，因而阻碍电解液渗透和扩散，使内阻增大。由于电阻大，因此放电时电压急剧下降，不能维持供给起动电流；充电时单格电池的充电电压高达 2.8V 以上。极板硫化主要在负极板上发生。

（2）故障原因。

① 电池长期充电或放电后充电不及时。正常放电时，极板上形成的硫酸铅晶粒较小，导电性和还原性均较好。蓄电池长期处于放电状态时，极板上的部分硫酸铅将溶解，温度越高则溶解度越大，温度降低后则溶解度随之减小，以致出现过饱和现象，部分硫酸铅从电解液中析出并再结晶成粗晶粒硫酸铅附在极板表面使之硫化。

② 蓄电池电解液液面高度过低。电解液液面高度过低时，极板露出液面部分与空气接触而氧化，氧化部分与波动的电解液接触，便会在极板上部逐渐形成粗晶粒硫酸铅硬化层。

③ 电解液密度过高或电解液不纯。避免蓄电池极板硫化的主要措施是保持蓄电池经常处于充足电状态。对于硫化不严重的蓄电池，可以采用去硫充电法进行充电予以排除。硫化严重的蓄电池只能报废。

5. 极板栅腐蚀

极板由栅架和活性物质组成，栅架一般由铅钙锡合金浇注而成。在使用过程中，极板栅架逐渐氧化腐蚀直至报废。极板腐蚀后，强度降低，出现变形或活性物质脱落现象，甚至发生折断。

电解液中混入有害酸类(如硝酸)和有机盐类、电解液密度过高、蓄电池长时间过充电等是引起极板栅架早期腐蚀的主要原因。

6. 单体电池极性颠倒

若电池组中某种单体电池容量过低，放电时便会先放完所储存的电量，电压降低至远低于其他单体电池。此时，在电池组继续放电过程中，该单体电池会被其他单体电池反充电，把原来的正极板变为负极板，原负极板变为正极板，从而使电池组的电压迅速下降。

未能发现并排除电池组中个别单体电池的故障(如内部短路、活性物质脱落)或充电时电极板接反是造成极板栅颠倒的主要原因。

7. 自行放电

蓄电池所存储的电量随存放时间增长而逐渐下降的现象称为自行放电。

(1) 故障现象。

蓄电池放置几天后，在无负荷的情况下，储电量明显下降，甚至完全无电，致使起动机转动无力或不转、喇叭声响低弱。

(2) 故障原因。

自放电是由于极板上的活性物质慢慢与电解液发生化学反应生成硫酸铅引起的。电解液不纯(含铁、铜、锰、砷、镍以及硝酸、盐酸、醋酸或其他有机物)，连接蓄电池的导线有漏电之处，蓄电池极板之间短路，蓄电池盖上不清洁，溢出的过多电解液造成电池极桩间短路，存放温度过高等，都会使蓄电池自放电。

8. 电解液损耗过快

以下分析电解液损耗过快的故障。

(1) 故障现象。

电解液损耗超常，需要频繁加注蒸馏水以弥补损耗。

(2) 故障原因。

电解液损耗过快的主要原因：蓄电池壳体有裂纹，使电解液渗漏流失；充电电流过大；极板硫化或短路。

9. 容量降低

以下分析容量降低的故障。

(1) 故障现象。

当用起动机起动发动机时，起动机转速很快变得慢而无力。

(2) 故障原因。

① 新蓄电池电压未充足或储存过久而未经充、放电循环锻炼。

② 发电机调节器电压调整过低，使蓄电池经常充电不足。

③ 经常长时间使用起动机，造成大电流放电。以致电池极板损坏。

④ 电解液密度低于规定值或电解液渗漏后只加注蒸馏水，以致电解液密度降低。

⑤ 电解液密度过高，或液面经常过低，或用单一电解液代替蒸馏水加注，引起极板硫化。

⑥ 发电机调节器电压调整过高，充电电流过大，以致引起电池极板上活性物质脱落。

除以上故障外，外壳破裂、封口剂开裂、链条断裂和极桩断头等都是蓄电池常见的外部机械损坏故障。

6.1.2 蓄电池的一般检查

1. 外观检查

检查蓄电池外壳是否出现裂纹，如出现裂纹，电解液要渗漏，这时应更换蓄电池；检查蓄电池接线柱及电缆夹子是否松动、腐蚀。如电缆夹子松动应拧紧，如接线柱及电缆夹子腐蚀，应用专用刷子清除腐蚀物。

2. 电解液密度检查

制铅酸蓄电池电解液的材料为硫酸和蒸馏水，两者配置的电解液密度一般为1.21～

1.30g/cm^3，可根据蓄电池的用途、工作环境温度而选用不同密度的电解液。起动用铅酸蓄电池要求质量小，又要求瞬时放电能力强，故采用浓电解液，选用的电解液密度范围为 1.26～1.29g/cm^3(全充电状态)。

我国南方气温高，应选用密度较低的电解液；北方全年温差变化大，夏季与冬季应选用密度不同的电解液，见表 6-1。不同电解液密度的配制比例见表 6-2。

在放电过程中，正、负极板上的活性物质与电解液的硫酸作用产生硫酸铅，电解液中硫酸成分减少，密度降低，见表 6-3。可以根据电解液的密度与放电程度的关系判断蓄电池的放电程度。

表 6-1　适应不同气温的电解液密度

地区气温条件/℃	冬季密度/(g/cm^3)	夏季密度/(g/cm^3)
冬季温度低于－40	1.310	1.250
冬季温度低于－40	1.290	1.250
冬季温度低于－30	1.280	1.250
冬季温度低于－20	1.270	1.240
冬季温度高于 0	1.240	1.240

表 6-2　不同电解液密度的配制比例

电解液密度/(g/cm^3)	硫酸与蒸馏水的容积比	硫酸与蒸馏水的重量比	电解液密度/(g/cm^3)	硫酸与蒸馏水的容积比	硫酸与蒸馏水的重量比
1.10	1∶9.80	1∶6.82	1.21	1∶4.07	1∶2.22
1.11	1∶8.80	1∶5.48	1.22	1∶3.84	1∶2.09
1.12	1∶8.00	1∶5.40	1.23	1∶3.60	1∶1.97
1.13	1∶7.28	1∶4.40	1.24	1∶3.40	1∶1.86
1.14	1∶6.68	1∶3.98	1.25	1∶3.22	1∶1.76
1.15	1∶6.15	1∶3.63	1.26	1∶3.05	1∶1.60
1.16	1∶5.70	1∶3.35	1.27	1∶2.80	1∶1.57
1.17	1∶5.30	1∶3.11	1.28	1∶2.75	1∶1.49
1.18	1∶4.95	1∶2.90	1.29	1∶2.60	1∶1.41
1.19	1∶4.63	1∶2.52	1.30	1∶2.47	1∶1.34
1.20	1∶4.33	1∶2.36	1.40	1∶1.60	1∶1.02

表 6-3　电解液密度随放电程度的变化

放电程度(放电量占 20%放电率的额定容量的百分数)	标准温度(20℃)下电解液的密度/(g/cm^3)				
全充电状态的密度	1.300	1.290	1.280	1.270	1.260
放电 25%	1.275	1.255	1.240	1.225	1.210
50%	1.245	1.225	1.200	1.180	1.160
75%	1.215	1.185	1.160	1.135	1.110
全放电状态的密度	1.190	1.150	1.120	1.090	1.060

蓄电池电解液的密度可用吸式密度计检测，检测方法如图 6.1 所示。检测时，先压扁密度计的橡皮球，并把密度计的橡皮吸管插入电解液中，然后缓慢松开橡皮球，电解液被吸入玻璃管直至管内浮子浮起，此时浮子与液面相交处的刻度即为电解液的密度值。



图 6.1 电解液密度测量

1—上液面线；2—下液面线

电解液的密度与温度有关，每次在配制电解液和检查电解液密度时，应同时测量电解液的温度，以便将在不同温度条件下测得的密度值换算成标准温度(20℃)时的密度。电解液温度每上升 1℃，电解液密度下降 0.007g/cm^3，二者的关系为

$$\rho_{20}=\rho_t+0.007(t-20) \tag{6-1}$$

式中，ρ_{20}——换算至标准温度(20℃)下的密度(g/cm^3)；

ρ_t——实测密度(g/cm^3)；

t——测量时电解液的温度(℃)。

3. 放电程度的检查

以下对放电程度的检查分析如下。

(1) 密度法。把测得并经校正的电解液密度与充电后配制好的密度值与表 6-3 中的值比较，即可知蓄电池的放电程度，也可把测得的电解液密度值经校正后代入下式，求出蓄电池放电的安培小时数，即有

$$Q=\frac{\rho_b-\rho_{t20}}{\rho_b-\rho_0}Q_0 \tag{6-2}$$

式中，Q——放电量(A·h)；

Q_0——额定电量(A·h)；

ρ_b——全充电密度(g/cm^3)；

ρ_0——全放电密度(g/cm^3)；

ρ_{t20}——测得并换算成标准温度(20℃)下的密度(g/cm^3)。

(2) 放电叉法。若不知蓄电池充电后配制的电解液密度值，可采用高效率放电叉测量各单格电池在大电流放电时的电压值，以判断蓄电池的放电程度。

检查时，应旋掉注液口盖，把放电叉的两尖抵牢同一单体的两个极柱，当指针稳定时

(应能稳定 3～5s)，迅速读数并移开放电叉，如图 6.2 所示。测出的电压读数与放电程度的关系见表 6-4。

放电叉读数在 1.75V 以上，说明该单格电池完好；读数在 1.5～1.75V 之间时，属于容量不足，应补充充电；读数在 1.5V 以下时，说明该单格电池存在故障。各单格电池读数之差大于 0.1V 时，也说明蓄电池存在故障；指针不稳、电压迅速下降，说明该单格电池接触不良(如极桩焊接不牢等)或极板硫化。

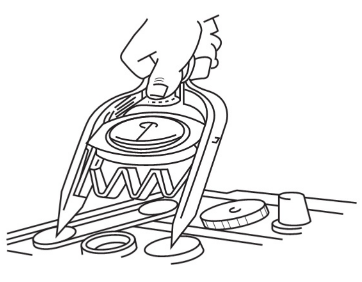


图 6.2　用放电叉检查单格电池

表 6-4　放电叉读数与放电程度关系

放电叉电压表示数/V	蓄电池放电程度/%	放电叉电压表示数/V	蓄电池放电程度/%
1.7～1.8	0	1.4～1.5	75
1.6～1.8	25	1.3～1.4	100
1.5～1.6	50		

(3) 蓄电池测试仪检测法。汽车蓄电池的主要功用是起动发动机，通过对蓄电池进行模拟起动放电，可较准确地检测蓄电池的起动能力和放电程度。利用蓄电池测试仪可实现对蓄电池起动放电的模拟。

蓄电池测试仪是当蓄电池承受负荷之后测定其端电压，以了解蓄电池充、放电情况的检测仪器。测试仪由可动线圈型电压表和可变电阻并联而成。可变电阻作为蓄电池的负荷，控制蓄电池的放电电流；电压表的两个端子通过导线与蓄电池的正、负极桩相连，以测试蓄电池地端电压。

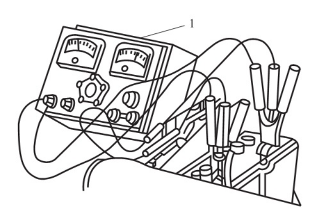


图 6.3　蓄电池模拟起动测试

1—蓄电池测试器

如图 6.3 所示为使用蓄电池测试仪进行模拟起动测试的线路连接图。检测时，首先把测试仪的调节旋钮沿逆时针方向旋到底，切断放电电路；再把电流检测夹和电压检测夹的正极夹子(红色)、负极夹子(黑色)分别夹紧蓄电池的正极极桩、负极极桩；然后沿顺时针方向转动测试仪的调节旋钮，把放电电流调节到被测蓄电池额定容量的 3 倍数值连续放电 5s，并记录此时蓄电池的端电压。测得的蓄电池端电压与放电程度间的关系见表 6-5。对于起动能力较好的蓄电池，其放电电压应高于 9.6V。

表 6-5　蓄电池放电电压与放电程度的关系

放电电压 U/V	放电程度/%	起动能力	放电电压 U/V	放电程度/%	起动能力
$10.2 \leqslant U$	0	优	$8.4 \leqslant U < 9.0$	75	差
$9.6 \leqslant U < 10.2$	25	良			
$9.0 \leqslant U < 96$	50	中	$7.2 \leqslant U < 8.4$	100	坏

4. 电解液液面高度检查

蓄电池在使用过程中，由于水分的不断蒸发及充电时水的电解转化为气体逸出，都会使电解液液面降低，因此，电解液液面高度应定期(2～3 周)检查。

蓄电池电解液的液面高度直接影响蓄电池的供电能力和使用寿命。在早期使用过程中，液面高度应处于蓄电池壳体上的上、下液面标记之间，或超出极板上缘 10～15mm，不允许极板露出液面，以防止极板硫化。

液面高度检查方法如图 6.4 所示。用内径为5～6mm 的玻璃管从注液口插下，直至压下防护板顶住极板为止，然后以手指堵住管的上口提出玻璃管，若玻璃管下端液柱长度在 10～15mm 之间，说明液面高度正确。

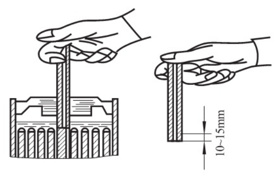


图 6.4　液面高度检查

6.1.3　蓄电池电解液和极板故障诊断

蓄电池主要故障可归结为电解液不纯和极板故障两种类型。

1. 电解液品质检查

电解液品质时常引起蓄电池不正常自放电，是影响蓄电池寿命的主要原因。电解液中含有铁、铜、砷、盐酸等是引起不正常自放电的主要原因；硝酸、醋酸、有机化合物和锰则是腐蚀正、负隔板的主要成分。

对电解液品质进行定性分析时，需准备的试剂有：硫酸、硝酸、盐酸、硝酸银、硫氰化钾、高锰酸钾、氨水、固体硫化钠、固体三氯化铁、马钱子碱(即二钾氧基番木鳖碱)、过氧化铅和蒸馏水。

(1) 含铁试验。把 0.316g 高锰酸钾溶入 1000mL 水中制成 A 溶液；把 9.72g 硫氰化钾溶入 100mL 水中制成 B 溶液；将受检电解液加水稀释至密度为 1.20g/cm^3 的电解液试样。取稀释后的电解液试样 10mL 倒入试管；滴入 3～4 滴 A 溶液，颜色消失后，再倒入 10mLB 溶液，若出现较深红色，则表明电解液中含铁。

(2) 含铜试验。在电解液试样中注入少量氨水，若形成白色沉淀并逐渐变为蓝色，则表明电解液中含铜。

(3) 含砷试验。在烧杯中注入一定量的电解液试样(25mL)，再加入容积为试样 1/10 的浓盐酸，然后在烧杯中放入一根铜丝并加热 15min，若铜丝变色，则表明含砷。

(4) 含盐酸试验。把 25mL 稀释电解液试样倒入试管，再加入 25mL 蒸馏水稀释；取 5.1g 硝酸银溶入 100mL 水中制成试液。在稀释后的电解液试样中倒入 0.5～1.0mL 硝酸

银试液，若出现明显乳白色，则表明含盐酸。

(5) 含锰试验。若经试验，电解液不含铁和盐酸，则可在电解液试剂中加入少量的浓硝酸和过氧化铅，并加热至沸腾状态。如果溶液呈淡红色，则表明其中含有微量锰。

(6) 含硝酸试验。在浓盐酸中加入 0.4%的马钱子碱制成试剂，取一滴试剂滴在点滴板上，再加入一滴电解液试样，若呈现红色并迅速变为橙色，最后变黄，则表明试样中含有硝酸。

(7) 含醋酸试验。用氨水和电解液试样，然后加入少量三氯化铁，待溶液变为红色再加入盐酸，若红色立即消失，则说明试样中含有醋酸。

(8) 含有机物试验。取 25mL 电解液试样置于烧杯中，并加入 100mL 蒸馏水稀释，加热至沸腾后，用滴定管滴入 A 溶液，直至红色暂时存留而不立即消失为止。若滴入的 A 溶液的量超过 6mL，则为不合格。

2. 极板故障检查

极板故障是最终导致蓄电池报废的原因。由于蓄电池极板的一切故障均会影响蓄电池的充、放电性能，因此充、放电检查是判断电池工作状态和诊断极板故障的可靠方法。

(1) 充、放电检查。所谓充、放电检查即是对蓄电池进行一次充、放电循环，记录该过程中蓄电池的运行参数和表现的现象，并根据此分析蓄电池的状态和故障。

具体检查步骤如下。

① 电池充电至全充电状态，测量并记录每个单格电池的电解液密度、温度及开路电压后，将电解液的密度调为 $1.28g/cm^3$。

② 按 20h 放电率(即电流强度＝额定容量数×1/20A)放电，并保持恒定。

③ 放电开始时，记录每个单格电池的电压值；在放电过程中，每小时测量并记录一次放电电流、单格电池电压、电解液密度和温度等；若单格电池电压降至 1.9V，则每隔 15min 测量并记录一次。

④ 多数单格电池的电压降至 1.75V 或某单格电池的电压急剧降低时，即停止放电。记录总放电小时数，蓄电池的实际放电容量(A · h)为放电小时数(h)与放电电流(A)的乘积。

(2) 故障分析。

① 极板硫化。蓄电池极板硫化后，内阻显著增大。此时若以正常充电电流充电时，端电压迅速上升至充电终止电压(单格电池电压甚至高达 2.7V)，并过早冒出大量气泡，电解液温度上升很快、温度很高，但相对密度基本不变；放电过程中的实际放电容量明显偏低。

② 内部短路。蓄电池某单格电池内部短路后，在充电过程中，该单格电池端电压上升很慢或升不到充电终止电压(2.5V)，电解液密度上升亦很慢并无气泡产生；在放电过程中，蓄电池容量明显偏低，该单格电池电压迅速降至放电终止电压(1.75V)，用高率放电叉检查时，则迅速降为零。

③ 活性物质脱落。蓄电池极板活性物质脱落后，电解液中沉淀物较多，充电时电解液浑浊并呈棕色，充电终了提前出现；放电时，实际放电容量减小。

④ 极性颠倒。蓄电池放电过程中，在短时间(如不足 1h)内出现电压大幅度下降，且

某单体电池端电压明显低于单格电池，则该单格电池极性颠倒，可对此单格电池进行单独充、放电循环以恢复性能。

电池同时存在几种故障，充、放电过程中所表现出的现象就较复杂，必须仔细观察、认真分析才能得出正确结论。

至全充电状态后，所测各单格电池的开路电压相差大于0.05V，说明蓄电池的寿命将终结。

6.2 汽车发电机及电压调节器故障诊断

6.2.1 汽车发电机技术状况检测

汽车上采用的发电机分为直流发电机和交流发电机两类。这里所讲到的发电机是指交流发电机。

汽车交流发电机的技术状况应通过台架试验检测。台架试验是检测交流发电机性能和质量最有效的手段。台架检测必须在交流发电机与调节器专用试验台上进行。根据中华人民共和国专业标准ZBT 36010—1989《汽车用交流发电机电气特性试验办法》规定，其检测项目主要包括空载性能和负载性能两项。

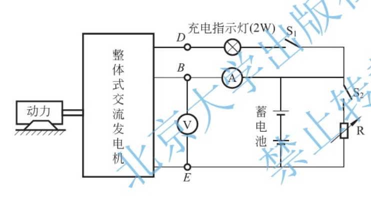


图6.5 交流发电机输出特性试验电路

1. 空载性能试验

交流发电机空载性能试验电路应按交流发电机输出特性试验电路连接，如图6.5所示。试验步骤如下。

(1) 按要求连接交流发电机、调节器和试验台。

(2) 断开开关S_2，并接通开关S_1，使蓄电池通过S_1向发电机提供励磁电流。

(3) 起动动力(拖动电动机)，并逐渐调高发电机转速，其空载转速值(即充电指示灯由亮到灭时交流发电机的转速)应符合表6-6或维修规定。

表6-6 交流发电机技术规格性能参数

起动机型号	搭铁极性	规格		空载性能		负载动性			配用调节器型号	适用车型
		额定电压/V	额定功率/kW	电池电压/V	转速不大于/(r/min)	试验电压/V	额定电流/A	转速不大于/(r/min)		
JF1518	—	14	500	12	1150	13.5	50	5000	JFT106	CA1091
JF1522A	—	14	500	12	1150	13.5	50	5000	JFT106	CA1091
JF1521	—	14	500	12	1150	13.5	50	5000	JFT149	EQ1092
JF132N	—	14	350	12	1000	13.5	25	2500	FT61	EQ1090
JF132C	—	14	350	12	1000	13.5	25	2500	FT61	CA1090

（续）

起动机型号	搭铁极性	规格		空载性能		负载动性			配用调节器型号	适用车型
		额定电压/V	额定功率/kW	电池电压/V	转速不大于/(r/min)	试验电压/V	额定电流/A	转速不大于/(r/min)		
JF132	—	14	350	12	1000	13.5	25	2500	FT61	EQ2100E
JF13E	—	14	350	12	1000	13.5	25	2500	FT61	BJ2020
JFZ1913Z	—	14	1000	12	1050	13.5	90	6000	内装式	桑塔纳
JFZ1913Z	—	14	1000	12	1050	13.5	90	6000	内装式	捷达
JFZ192A	—	14	1000	12	1150	13.5	90	6000	内装式	切诺基
JFZ194	—	14	1000	12	1150	13.5	90	6000	内装式	BJ2021
JFZ2814	—	28	1000	12	1150	27.0	35	5000	JFT251	JN1510

若交流发电机的空载转速高于规定值，则说明其性能降低或出现故障，例如，磁场电路接触不良、定子绕组断路、整流二极管断路或短路等。

由于空载转速与励磁电流的强弱有关，因此调节器大功率三极管的管压降应低于1.5V。管压降越大，励磁电流越小，空载转速就越高。

2. 负载性能试验

交流发电机的某些故障在没有输出电流的情况下不会表现出来，为此，在发电机能够达到空载转速要求之后，还应进行负载电流检测。

交流发电机负载电流的测试电路如图 6.5 所示，试验步骤如下。

(1) 按要求连接交流发电机、调节器和试验台。

(2) 断开开关 S_2，将负载电阻 R 调到最大，并接通开关 S_1 使蓄电池通过 S_1 向发电机提供励磁电流。

(3) 起动动力(拖动电动机)，并逐渐调高发电机转速，当输出电压达到试验电压时(12V 电系统为 13.5V；24V 电系统为 27V)，接通开关 S_2，并调节负载电阻使输出电流达到额定电流值，同时调节发电机转速使输出电压保持试验电压值，此时发电机转速应符合规定(表 6－6)所示。若转速高于规定值，说明发电机性能降低或有故障，应拆开检修或更换发电机。

6.2.2　汽车发电机常见故障及诊断

在车辆行驶中，驾驶员可根据车上的电流表或电压表以及充电指示灯的指示情况，来发现充电系统的故障并加以诊断。

充电系统的常见故障有以下几种。

1. 不充电

以下分析不充电的故障。

(1) 故障现象。汽车发动机在中等转速时，电流表指示放电或充电指示灯不熄灭。

(2) 故障原因。

① 发电机皮带打滑或连接线断路。

② 电流表极性接反、损坏或充电指示灯损坏。

③ 发电机不发电。

④ 整流二极管被击穿短路或断路。

⑤ 发电机滑环脏污或电刷架变形使电刷卡住，引起磁场电路不通。

⑥ 发电机激磁绕组短路或断路。

⑦ 发电机定子三相绕组之间短路或搭铁。

(3) 故障诊断。诊断汽车充电系统不充电故障，首先应判明不充电是由于蓄电池存电不足，还是因为充电系统确有故障，一般按以下步骤进行诊断。

① 先检查发电机外部连接线，看其连接是否完好和正确，再检查发电机风扇皮带，看是否过松或打滑。

② 检查电流表极性是否接反，检查电流表和充电指示灯是否损坏。如有问题，应及时改变极性或更换新件。

③ 若经上述检查仍看不出故障所在，则可按不充电故障诊断流程进行判断。其诊断流程如图 6.6 所示。

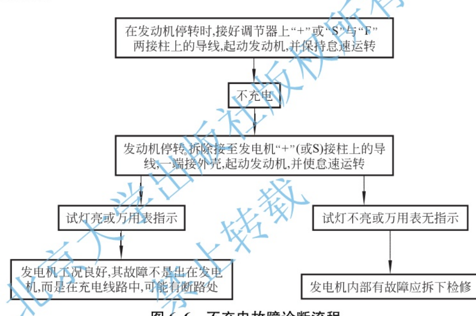


图 6.6　不充电故障诊断流程

2. 充电量过小

以下分析充电量过小的故障。

(1) 故障现象。若将发动机的转速由低速逐渐升高至中速时，打开前大灯，其灯光暗淡，电流表指向或按喇叭音量很小，则表明充电量过小。

(2) 故障原因。

① 发电机风扇皮带过松、打滑等。

② 可能有个别整流二极管损坏或脱焊。

③ 发电机滑环脏污或电刷弹簧弹力不足，而造成电刷与滑环间接触不良。

④ 发电机定子三相绕组局部短路或接头断开。

⑤ 抑制干扰用的电容器短路等。

(3) 故障诊断。遇此情况应该先检查发电机风扇皮带，观察有无松弛、打滑现象。如果皮带松紧度合适，可拆下发电机“F”接柱至调节器“F”接线柱间的连线，在发电机处于中等转速时，用导线或螺丝刀将发电机电枢“+”接线柱与磁场“F”接线柱短接，

若此时充电量仍然很小，说明发电机内部有故障，应进行解体检修；若充电量有所增大，则可能是调节器故障，应按调节器故障诊断程序进行判断。

3. 充电量过大

以下分析充电量过大的故障。

(1) 故障现象。

① 发动机运转在中速以上时，电流表指示大电流充电(30A 以上)。

② 汽车白天行驶，充电在 2～3h 内，电流表指示充电电流仍大于 5A。

③ 蓄电池电解液消耗过快且有气味。

④ 点火线圈和发电机过热。

⑤ 分电器触点经常烧蚀，各种灯泡容易烧坏等。

(2) 故障原因。充电量过大，除了调节器故障之外，一般可能由于发电机电枢“+”接线柱和磁场接线柱“F”短路所造成；若蓄电池亏电太多，或其内部短路，也会引起充电电流过大。

(3) 故障诊断。若发现充电电流过大，应首先检查发电机电枢“+”接线柱与磁场“F”接线柱是否短路。如果短路，则应立即排除。如果是蓄电池亏电或其他原因，也应立即查明。如果是调节器失灵造成的，应按调节器的故障诊断查明，但不得随意改变调节器的调节电压值。

4. 充电不稳

以下分析充电不稳的故障。

(1) 故障现象。发动机正常运转时，汽车上的电流表指示充电，但指针总是左、右摆动，让人看不出准确读数，此现象称为充电不稳。

(2) 故障原因。

① 发电机风扇皮带过松、打滑、跳动或皮带轮失圆。

② 发电机内部导线接头松动，导致连接不良。

③ 发电机电刷磨损过甚，电刷弹簧弹力减退或折断，滑环积污过多。

(3) 故障诊断。先检查风扇皮带是否松动、打滑，然后按诊断流程图进行诊断，如图 6.7所示。

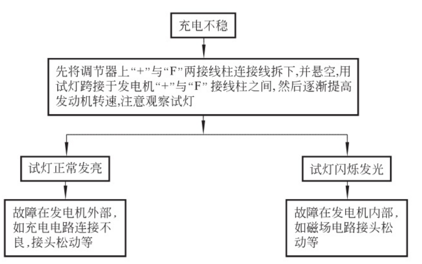


图 6.7　充电不稳故障诊断流程

5. 汽车用交流发电机内部故障

以下分析汽车用交流发电机内部故障。

1）励磁线圈的短路与断路

（1）励磁线圈碰铁短路。在单相 220V 电压火线上串入一白炽灯，线端接一表笔，在中线上也接入一表笔。用两表笔分别接触转子轴和集电环，灯不应发亮，否则说明线圈或引出线碰铁短路。

（2）励磁线圈断路与短路。用万用表测得的两集电环之间的电阻值应符合原厂给定的数值。若测试值大于规定时，说明存在断路；若小于规定值，则说明存在短路。

对于外搭铁非整体式交流发电机，可以在未拆开的发电机上用万用表测量电刷的两个接线柱间的电阻。如果电阻为零或很小，说明存在短路故障；如果电阻在 5～6Ω 之间，说明无故障；若电阻大于 10Ω，可以边转动发电机带轮边测量，电阻变化不定说明接触不良，电阻非常大则说明励磁线圈内部有断路故障。

2）定子线圈的断路与短路

（1）磁铁短路故障诊断。如图 6.8 所示，将电试灯的零线接铁心，以火线分别接触 3 个接线端，灯亮时说明存在磁铁短路故障。为确定磁铁故障部位，可把 3 组线圈的末端焊接点分开，重复上述试验，灯亮时则说明所测线圈组内有磁铁短路点。

为进一步检出上述故障线圈组内发生磁铁短路的单线圈，可把一个 6V 蓄电池与电流表和 5Ω 可变电阻串接在所测线圈首端与铁心之间，如图 6.8 所示。调整可变电阻使电流指示值达到 5A 左右，然后用旋具测试各铁心掌面上的磁力，记下距首端最远的有磁掌面；再把蓄电池、电流表和可变电阻串联在所测线圈末端与铁心之间，重复上述试验，并记下距末端最远的有磁掌面。磁铁短路故障就发生在两掌面本组线圈之间。

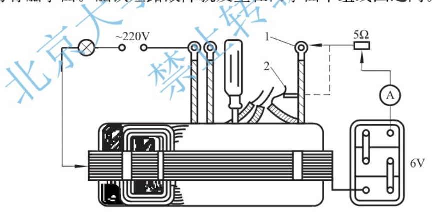


图 6.8　定子线圈磁铁故障诊断

1—首端接线；2—末端接线

（2）定子线圈断路和短路故障诊断。用如图 6.8 所示的蓄电池、电流表、可变电阻检查装置测量每组线圈的电流强度。若可变电阻值为一固定值，则三组线圈上通过的电流值应大小一致。三者不一致时，则说明存在短路或断路故障。电流值过大的线圈组内存在短路故障，而电流值过小的线圈组内存在断路故障。

3）硅整流二极管失效故障的诊断

（1）用万用表检查。在不拆发电机的情况下，用正端表笔接触发电机电枢接线柱，另一表笔接触后端盖，测量其电压值。若电阻值在 30Ω 以上，则可认为无故障；若电阻值为

10Ω 左右，说明有的二极管失效；若电阻值为 0，则说明有的不同极性的硅整流二极管击穿；若电阻值正常但发电机不发电，说明整流元件和电路中有断路故障。

为检查确定发生短路或断路的二极管，应进行拆检，即拆下发电机的后端盖和元件板，对每个二极管逐一检查。

首先，从接线柱上拆下每个二极管的中心电极线，再把万用表的一支表笔接触后端盖或元件板，另一支表笔接触二极管的中心电极线，测试二极管的电阻，第一次测试后，交换两支表笔的接触位置后再测。比较两次测量所得电阻值，若一次在 10Ω 以上，而另一次在 10Ω 以下，且差值较大，则说明二极管良好；若两次测试值均在 1000Ω 以上，说明该管断路；若两次测试值均很低时，说明该管已被击穿。

(2) 用示波器检查。用示波器显示出供电状态下交流发电机电枢接线柱上的电压波形，据此可判断硅整流二极管的工作状态，如图 6.9 所示，定子线圈的某些故障亦可根据此判断。

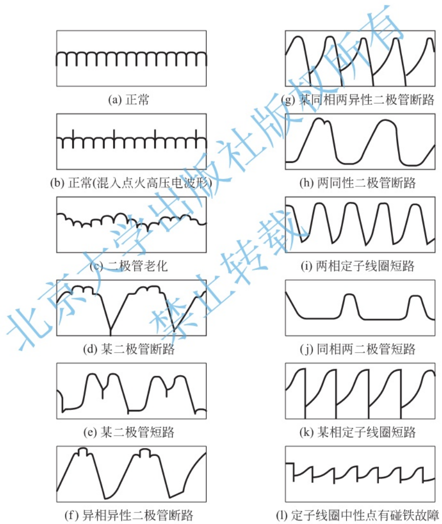


图 6.9 交流发电机输出电压波形与故障

6.2.3 电压调节器技术状况检测

电压调节器的检测分为搭铁型式检测和好坏检测。电压调节器可用电压调节器专用检测仪、可调直流电源(如直流稳压电源以及蓄电池等)按如图 6.10(a)所示检测线路进行检测，图中小灯泡可用汽车充电指示灯代替。

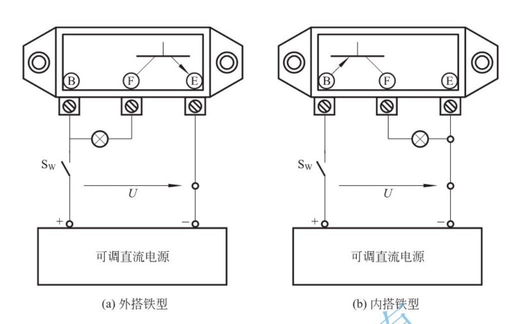


图 6.10 电子压调节器搭铁型式检测电路

1. 搭铁型式的检测

当不知电压调节器的搭铁型式时，可按如图 6.10(a)所示的检测电路进行检测，具体方法与步骤如下。

(1) 将电源电压 U 调到 12V(28V 调节器调到 24V)。

(2)接通开关 S_W，若小灯泡不亮，则该调节器为内搭铁型调节器；若灯发亮，则为外搭铁型调节器。

2. 性能的检测

检测电压调节器好坏时，外搭铁型调节器按如图 6.10(a)所示线路连接；内搭铁型调节器按如图 6.10(b)所示线路连接。

检测线路接好后，先接通开关 S_W，然后由零伏逐渐调高直流电源电压 U，此时小灯泡的亮度应随电压升高而增强。当电压 U 调高到调节电压值(14V 调节器为 13.5～14.5V，28V 调节器为 27～29V)或略高于调节电压值时，若小灯泡熄灭，则调节器是好的，装车后能够控制发电机电压；若小灯泡始终发亮，则调节器已经损坏，可能是大功率三极管短路或前级驱动电路的三极管或稳压管断路，该调节器若装车使用，则将使磁场电流始终接通，发电机电压将随转速升高而失控，用电设备具有损坏的危险。

在上述检测过程中，若小灯泡始终熄灭(灯泡未坏)，则调节器是坏的，可能是大功率三极管断路或前级驱动电路的三极管或稳压管短路。该调节器装车使用时，磁场电路将不能接通，发电机仅靠剩磁发电而不能对外供电，长期使用就会导致蓄电池严重亏电。

6.3 汽车起动系统故障诊断

6.3.1 汽车起动机的性能试验

汽车起动机性能试验包括空载试验、制动试验和电磁开关试验。各种类型起动机的试

验方法基本相同。

1. 空载试验

试验起动机空载性能时，应先给蓄电池充足电，然后按如图 6.11 所示接好试验电路（但不装测力臂）。

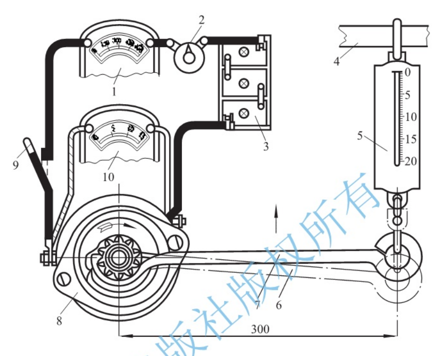


图 6.11　起动机性能试验

1—电流表；2—可变电阻；3—蓄电池；4—秤架；5—弹簧秤；
6、7—测力臂；8—起动机；9—开关；10—电压表

接通开关 9 使起动机空转时，驱动齿轮应向外伸出，起动机应平稳运转，无振动和异响，电流表和电压表读数应满足表 6－7 中的数值。

表 6－7　起动机的规格及特性

起动机型号	额定值		空转特性			全制动特性		
	功率/kW	电压/V	蓄电池容量/(A·h)	最大电流/A	转速不低于/(r/min)	电压不大于/V	电流不大于/A	转矩不小于/(N·m)
QD124H	1.47	12	10.5	90	5000	8	650	29.4
321	1.1	12	56	100	5000	6	525	15.7
372A	1.32	12	68	70	5000	8	600	25.5
315B2201ST8B	1.32	12	84	90	5000	6	525	25.5
308BST8	1.32	12	84	75	5000	8	600	25.5

一般而言，当蓄电池电压高于 11.5V 时，消耗电流应不超过 90A，普通型起动机的空载转速应不低于 5000r/min，减速型起动机则不应低于 3000r/min。若电流大于规定值而转速低于规定值时，说明起动机装配过紧，运转阻力过大，或电枢线圈有短路或搭铁故障；若电流和转速均低于规定值，则说明电动机电路接触不良，如电刷与换向器接触不良

或电刷弹簧压力不足等。

2. 制动试验

按如图 6.11 所示接好电路，装上测力臂，用一量程为 20kg 的弹簧秤测量起动机的最大制动力矩。试验时，接通开关使起动机运转，并快速读取电流表、电压表和弹簧秤上的读数，尽快断开开关(应在 3～5s)内完成，以免试验时间过长烧坏起动机线圈。根据弹簧秤读数求出起动机的最大制动力矩。若全制动状态下的电压值、电流值和转矩值满足表 6-7中的规定数值，说明其制动特性合格。

3. 电磁开关试验

以下介绍电磁开关试验。

(1) 吸引动作试验。使起动机固定，然后拆下电磁开关“C”端子上的励磁线圈引线端子，再用带夹电缆把蓄电池负极与“C”端子和电磁开关壳体连接；在用带夹电缆把电磁开关“50”端子与蓄电池正极连接时，驱动齿轮应向外伸出。如驱动齿轮不动，说明电磁开关有故障。

(2) 保持动作试验。在电磁开关吸引动作试验的基础上，驱动齿轮在伸出位置时，拆下电磁开关“C”端子上的电缆夹，此时驱动齿轮应在伸出位置保持不动。如拆下电缆夹后驱动齿轮复位，则说明电磁开关保持线圈断路。

(3) 复位动作试验。在电磁开关吸引动作试验的基础上，再拆下电磁开关壳体上的电缆夹。此时驱动齿轮应迅速复位。若驱动齿轮不能复位，则说明复位弹簧失效。

4. 起动继电器技术状况试验

以下介绍起动继电器技术状况试验。

(1) 起动继电器线圈电阻检查。检查普通起动继电器线圈电阻时，可把万用表(电阻挡)的两支表笔连接“点火锁”端子与“搭铁(或电枢)”端子进行检测，电阻值为 13±0.6Ω为正常。若阻值为无穷大，说明线圈短路。

(2) 触点技术状况检查。把蓄电池电压加到起动继电器“点火锁”端子与“搭铁(或电枢)”上，继电器“蓄电池”端子与“起动机”端子间的电阻值应小于 0.5Ω。否则，说明触点烧蚀。

(3) 闭合电压与断开电压检查。如图 6.11 所示，先把变阻器的阻值调至最大，而后逐渐减小阻值。触点刚闭合时，电压表的读数即为继电器的闭合电压。对于 12V 继电器而言，应为 6.0～7.6V。再逐渐增大电阻，触点刚刚断开时，电压表的读数即为断开电压。对于 12V 继电器而言，应为 3.0～5.5V。

6.3.2 汽车起动机常见故障现象及其诊断

起动机常见的故障有以下几种。

1. 起动机不运转

以下分析起动机不运转的故障。

(1) 故障现象。将点火开关置于启动挡，起动机不运转。

（2）故障原因。

① 蓄电池容量不足，其各导线连接松动，接触不良或断路。

② 启动继电器触点烧蚀或其线圈断路。

③ 起动机的电磁开关的触点、触盘烧蚀，吸引线圈断路或保持线圈断路。

④ 起动机的直流电动机磁场、电枢绕组断路或短路。

⑤ 起动机的电枢轴弯曲，轴与轴承间隙过紧，换向器烧蚀，电刷磨损过甚，电刷在架内卡住或电刷弹簧过软等。

（3）故障诊断。诊断程序如图 6.12 所示。

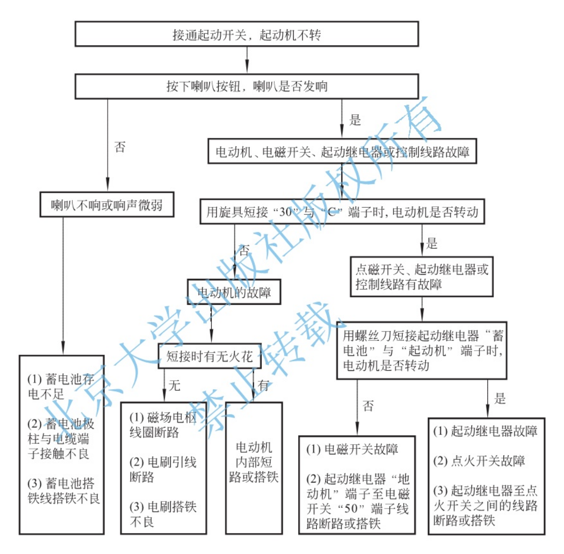


图 6.12　接通起动机开关但起动机不运转的故障

接通起动开关但起动机不运转时，首先应检查蓄电池和导线特别是蓄电池搭铁电缆和火线电缆的连接情况，然后检查起动机和开关。

① 接通喇叭或前照灯，若灯光不亮或喇叭不响，说明蓄电池或电源线路有故障；若喇叭响，灯光明亮，说明蓄电池充电充足，故障出在电动机、电磁开关、起动继电器或控制线路。若点火钥匙转至起动位置后，电磁吸铁开关内无任何响声，一般为起动继电器触电烧蚀。

② 接通起动机“30”端子与“C”端子。若起动机不转，说明电动机有故障；如起动机空转正常，则说明电磁开关、起动继电器或控制线路出现故障。

③ 在起动时电磁吸铁开关内有响声而起动机不运转，可短接起动继电器“蓄电池”端子和“起动机”端子(时间不超过 5s)，若起动机不运转，说明电磁开关或起动继电器、

点火开关或其线路存在故障，一般为主接触盘或其触电烧蚀。

起动时，若电磁吸铁开关内有较强的“哒哒……”声，但起动机不运转，经常为电磁开关保持线路断路所致。

2. 起动机运转无力

以下分析起动机运转无力的故障。

(1) 故障现象。起动机转动缓慢无力，起动发动机困难。

(2) 故障原因。

① 蓄电池存电不足或起动电路导线接头松动、接触不良。

② 起动机触盘与触点烧蚀，接触不良，电刷与换向器接触不良。

③ 电动机的电枢或磁场绕组局部短路或搭铁。

④ 电枢轴轴承过紧或松旷。

(3) 故障诊断。首先排除蓄电池及其线路故障，其方法与起动机不运转相同。若蓄电池及其线路正常，则按如图 6.13 所示故障诊断流程查找故障。

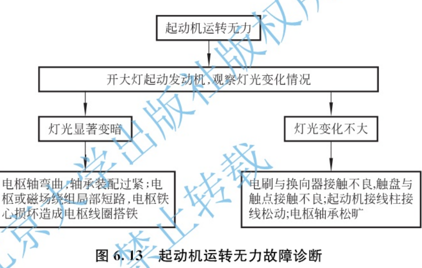


图 6.13 起动机运转无力故障诊断

3. 起动机空转

以下分析起动机空转的故障。

(1) 故障现象。接通点火开关的起动挡，起动机只是空转，驱动齿轮不能与飞轮齿啮合带动发动机运转。

(2) 故障原因。

① 单向离合器打滑或损坏。

② 拨叉变形，啮合弹簧折断或过软。

③ 起动机主开关接通时机调整过早，或起动机固定螺丝松动等。

(3) 故障诊断。

① 接通起动开关后，若起动机空转，说明电动机技术状况良好，但动力不能传递到发动机飞轮，一般是由于单向离合器过度磨损后打滑所致。应重点对单向离合器进行故障诊断。

② 如果起动时只有起动机高速旋转声，但没有啮合声，则应检查单向离合器和驱动齿轮组件能否在轴上自由滑动而进入啮合位置。否则，应检查花键与花键轴间是否发卡或

弹簧是否折断。

③ 如果在发动机起动后起动机发出一阵高速旋转声，则应检查单向离合器的单向性。向正、反两个方向转动驱动齿轮若均不滑转，说明单向离合器咬死。

④ 若起动时驱动齿轮啮合正常，起动机高速旋转但发动机不转动，则应检查单向离合器的锁止力矩。正、反两个方向均能用手转动驱动齿轮时，说明单向离合器失效。若未发现失效的离合器，可进一步检查其锁止力矩。对驱动齿轮施加表 6-7 中："全制动特性"栏内规定值的 1.2 倍的力矩时，单向离合器不应滑转。否则，说明离合器内滚柱磨损或轮毂楔紧边剥落。

4. 起动机运转不停

以下分析起动机运转不停的故障。

(1) 故障现象。发动机起动后即出现尖叫声，起动机被反拖高速旋转不能停下，或起动后较长时间起动机才停止运转。

(2) 故障原因。

① 起动机的单向离合器卡死。

② 起动机安装不当，齿侧间隙过小，造成驱动齿轮与飞轮齿一直处于啮合状态。

③ 起动机的引铁回位弹簧弹力过弱或折断。

④ 继电器触点或电磁开关触点烧结。

(3) 故障诊断。起动机完成发动机启动任务后，当点火开关回位在正常工作挡时，如起动机仍运转不停，此时应立即关掉点火开关。若发动机熄火，则应检查起动机安装是否良好；齿侧间隙是否过小；单向离合器是否卡死；起动机驱动齿轮或引铁回位弹簧是否折断或过弱。如关闭点火开关后，发动机仍带动起动机高速旋转，则应立即切断电源总开关，以防损坏起动机。此故障一般是启动继电器触点或电磁开关触点烧结所致，应根据情况予以修理。

5. 起动发动机时，起动机发出不正常声响的故障诊断

以下介绍起动发动机时，起动机发出不正常声响的故障诊断。

(1) 故障现象。常见的情况是，起动发动机时，发动机发出"哒、哒……"异常声响。

(2) 故障原因。

① 电磁开关保持线圈短路或搭铁不良。

② 蓄电池充电不足或内部短路。

③ 起动继电器断开电压过高。

(3) 故障诊断。查找具体故障原因时，应先检测蓄电池电压，接通起动机时，其电压值不应低于 9.6V。否则，说明蓄电池充电不足或内部短路。若蓄电池技术状况良好，但接通起动开关时仍有哒哒声，则说明电磁开关保持线圈断路或搭铁不良；对于设置起动继电器的汽车，还可能是由于起动继电器断开电压过高的缘故。有时蓄电池充电不足也会发生类似声响，但冲击声略弱。

6. 驱动齿轮与飞轮齿环撞击

以下分析驱动齿轮与飞轮齿环撞击的故障。

(1) 故障现象。起动时，可听到驱动齿轮与飞轮齿环的金属碰击声，驱动齿轮不能啮合。

(2) 故障原因。

① 电磁开关触点接通的时间过早，驱动齿轮在啮入以前就已高速旋转起来。

② 飞轮环齿磨损严重或驱动齿轮磨损严重。

(3) 故障诊断。先适当调整电磁开关触点的接通时间，若打齿现象不能消失，则应拆检起动机驱动齿轮和飞轮齿环。

7. 电磁开关吸合不牢

以下分析电磁开关吸合不牢的故障。

(1) 故障现象。起动时发动机不转，可听到驱动齿轮轴向来回窜动的声响。

(2) 故障原因。

① 蓄电池亏电或起动机电源线路有接触不良之处。

② 起动继电器的断开电压过高。

③ 电磁开关保持线圈断路、短路或搭铁。

(3) 故障诊断。先检查起动机电源线路连接是否良好，若无问题，可将起动继电器连接蓄电池的接线柱和连接起动机的接线柱短接，如果起动机能正常转动，则为起动继电器断开电压过高，应予以调整；如果故障仍然出现，则应对蓄电池进行补充充电。如果蓄电池充足电后故障仍不能消除，则应拆检起动机电磁开关。

小　　结

蓄电池常见故障分为电解液不纯和极板故障两种。通过故障现象分析故障原因，从而进行检查和故障诊断。

汽车发电机技术状况可根据国家规定进行检测，其故障表现很多，要有条理地进行分析诊断。

汽车电压调节器检测分为搭铁型式检测和好坏检测。电压调节器可用专用检测仪、可调直流电源检测。

汽车起动机性能试验包括空载试验、制动试验和电磁开关试验。起动机常见的故障有起动机不运转、起动机运转无力、起动机空转等几种，分析故障原因并进行故障诊断。

习　　题

1. 术语解释

6-1　极板硫化　自行放电

2. 填空题

6-2　蓄电池测试仪由__________和__________并联而成。

6-3　蓄电池在早期使用过程中，液面高度应处于__________，或超出极板上缘10～15mm，不允许极板露出液面，以防止__________。

6-4　汽车发电机的技术状况检测项目主要包括__________和__________两项。

6－5　汽车起动机性能试验包括__________、__________和__________。

3. 简答题

6－6　何谓蓄电池极板硫化？极板硫化对蓄电池有何影响？造成极板硫化的原因有哪些？

6－7　如何确定蓄电池自放电故障，造成蓄电池自放电故障的原因有哪些？

6－8　容易造成蓄电池极板活性物质早期脱落的原因有哪些？

6－9　使用中应对蓄电池进行哪些检查？

6－10　何谓蓄电池充、放电检查，检查步骤包括哪些？

6－11　如何诊断汽车充电系统不充电故障？

6－12　如何诊断硅整流二极管失效的故障？

6－13　如何进行电压调节器检测中的好坏检测？

6－14　如何检验起动机的性能？

6－15　起动机运行中的常见故障有哪些？如何诊断故障？

第7章　汽车巡航控制系统和安全气囊系统故障诊断

教学提示：汽车巡航控制系统和安全气囊系统的故障诊断的结果是合理使用汽车新技术、确定汽车行驶经济性、安全性的前提。本章所介绍的基本概念、两个系统的基本工作原理、基本构成以及故障诊断方法都是汽车检测诊断技术的基础。

教学要求：本章重点是让学生了解汽车巡航控制系统和安全气囊系统的工作基本原理与故障诊断的方法；理解汽车巡航系统和安全气囊系统常用的术语以及故障诊断的分析方法；掌握汽车巡航系统和安全气囊系统的基础知识和基础理论。

汽车巡航控制系统(Cruise Control System，CCS)是指汽车以一定的速度匀速行驶，又称为“恒速控制系统”。安全气囊属于被动安全保护装置，它可对汽车驾驶员及前排乘员起到辅助安全保护作用。安全气囊系统也称为辅助保护系统(Supple mental Restraint System，SRS)。SRS是坐椅安全带的辅助装置，只有在使用安全带的条件下，该系统才能充分发挥保护驾驶员和乘员的作用。由于SRS在汽车发生碰撞时能够起到安全防护作用，因此，人们通常都将其称为安全气囊系统。

7.1　汽车巡航控制系统故障诊断

汽车巡航控制系统是指利用电子技术对汽车行驶速度进行自动调节，从而实现以预先设定速度行驶的电子控制装置。汽车在一定条件下恒速行驶，可减轻驾驶员的疲劳强度，避免不必要的油门踏板人为变动，从而改善汽车的燃油经济性和排放性能。

7.1.1　汽车巡航控制系统的基本原理

1. 基本控制原理

汽车巡航控制系统是一个典型的闭环控制系统。如图7.1所示为典型的闭环巡航控制系统原理框图，电子控制器是该系统的核心。

电子控制器有两个输入信号，其一为驾驶员设定的指令车速信号，其二为实际车速反馈信号。当速度传感器测出的实际车速高于或低于驾驶员设定的车速时，电子控制器比较这两种车速信号，由简单减速法得到两个信号之差，即误差信号。误差信号经过比例运算和积分运算后，再经过放大处理就可得到控制节气门开度大小的控制信号，并输送至节气门执行器，驱动节气门执行器调节发动机节气门开度，以修正两输入车速信号的误差，从而使实际车速恢复到驾驶员预先设定的车速，并保持恒定，即实现巡航控制。

在控制过程中，当实际车速低于驾驶员设定的巡航车速值时，CCS ECU将向执行机

构发出增大节气门开度的指令，使实际车速升高到巡航车速。反之，当实际车速高于驾驶员设定的巡航车速值时，CCS ECU 将向执行机构发出减小节气门开度的指令，使实际车速降低到巡航车速，从而使实际车速基本保持在驾驶员设定的巡航车速值不变。实际车速由车速传感器测得，并将它转换成与车速成正比的电信号反馈至电子控制装置。实际车速与设定车速信号的误差始终都存在，并且保持在一定的范围之内。它们的误差值一旦为零时，行驶阻力的任一微小变化，都会使得油门的开度得到变化，从而产生“游车”的现象。

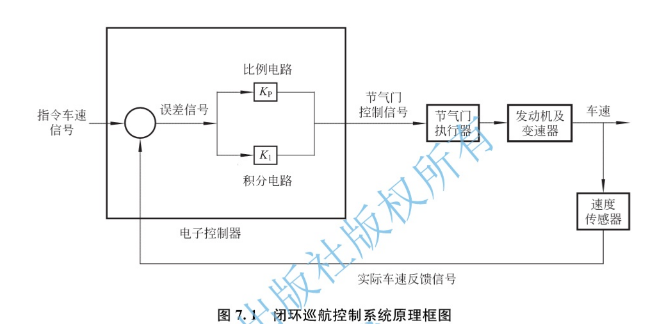


图 7.1　闭环巡航控制系统原理框图

2. 巡航控制系统的构成

汽车巡航控制系统主要由车速传感器、节气门位置传感器、控制开关、巡航控制电控单元(CCS ECU)和执行机构等部件组成。

目前车用巡航控制系统大多分为两大类，一是电子式巡航控制系统，二是电控真空控制式巡航控制系统。前者主要由指令开关、车速传感器、电子控制器和油门执行器 4 部分组成；后者一般由控制开关、真空系统和控制电路等组成。

3. 电子巡航控制系统

电子巡航控制系统主要由巡航控制开关、车速传感器、电子控制器和执行器 4 部分构成。

1) 巡航控制开关

巡航控制开关也称为主控制开关。大多数巡航控制开关有设置/巡航(SET/COAST)、取消(CANCEL)和复位/加速(RES/ACC)3 个挡位。当开关处于“设置/巡航”挡位时，若按下开关按钮，汽车就会不断加速。达到所要求的车速后松开按钮，巡航控制系统就会使汽车按松开按钮时的实际车速保持恒速行驶。若把控制开关转换到“取消”挡，即停止恒速行驶。“复位/加速”挡位用于制动或换挡时断开电路后，使车辆重新按预先设定的速度行驶。

巡航控制开关一般是杆式开关，通常安装在转向柱上驾驶员易于接近的位置。控制开关位于不同挡位时，电流由巡航控制 ECU 流出，经过不同阻值的电阻后搭铁，从而给 ECU 提供不同的电压信号。ECU 根据接受的电压信号即可判定被操作的开关位置。

2）车速传感器

车速传感器用于产生一个与汽车实际行驶车速成比例的交变振荡脉冲信号，输入电子控制器，作为实际车速的反馈信号。

车速传感器有磁感应式、霍尔式、光电式、磁阻式等多种类型，一般安装在变速器的输出轴上。如图7.2所示为常用的磁感应式车速传感器的结构原理图。

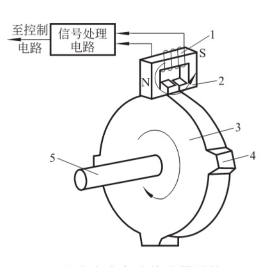


图7.2 磁感应式车速传感器结构原理

1—传感器；2—磁铁；3—钢盘；
4—凸齿；5—变速器输出轴

3）电子控制器

电子控制器的作用是接收来自车速传感器、巡航控制开关、制动开关等的信号，按所存储的程序进行计算、记忆、放大及信号转换等处理，输出控制信号驱动执行器动作，使实际车速与预先设定的车速一致。图7.3所示为一种采用微处理器的巡航控制系统的电路框图。

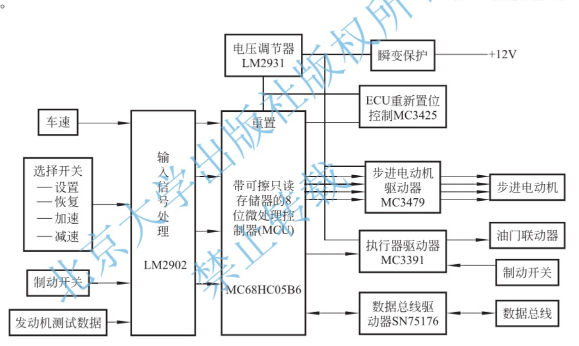


图7.3 采用数字式微处理控制器的巡航控制系统电路框图

在该系统中，所有输入指令均以数字形式直接存储和处理。带有可擦只读存储器的微处理控制器根据指令车速、实际车速及其他输入信号，按给定程序对所有数据进行处理后产生输出信号驱动步进电动机，改变节气门的开度。每种车型的最佳速度和减速度由设计者编程确定。从安全角度考虑，制动开关与节气门执行器直接相连。当踩下制动踏板时，在断开巡航控制程序的同时，把执行器的动力源断开，从而完全关闭节气门。此外，为确保安全，在手动变速车辆的离合器踏板上装有一个开关，在踩下踏板时切断控制系统的电源，以防止换挡时发动机超速运转。踩下离合器换挡时，车速会降低。若不切断电源，巡航控制系统就会指令发动机提高转速。

4）执行器

执行器的作用是接收电子控制器发出的控制指令信号，操纵节气门，改变节气门开度，使车辆作加速、减速及定速行驶。电动式执行器主要由电动机、安全电磁离合器和位

置传感器构成。电动机采用直流永磁式电动机，电动机转动时可带动执行元件控制臂转动，控制臂通过控制拉索改变节气门开度，改变电动机中电流方向可改变节气门转动方向。为限定控制臂转动角度，电动机电路装有限位开关。在电动机与控制臂间装有安全电磁离合器。当进行巡航控制时，离合器接合，电动机旋转以改变节气门的开度。若在巡航控制行驶过程中，执行器或车速传感器发生故障，则离合器首先分离。电动执行器还可采用步进电动机，因为它能把控制器输出的数字信号转变为一定量的角位移。每输入一个脉冲，电动机就带动节气门转过一个小角度，这就保证了节气门开闭动作的平顺与准确。步进电动机转过的角度决定了节气门转过的角度，该角度与输入的脉冲数成正比。电动机的转向由分配脉冲的相序而定。在电动执行器中还装有位置传感器，该传感器是一个由滑变电阻构成的电位计，用于检测执行器控制臂的转动位置，并把信号反馈到电子控制器中。

4. 电控真空控制巡航装置

1）基本组成及原理

电控真空控制式巡航控制系统一般由控制开关、真空系统和控制电路等组成。整个系统的控制目标是节气门。一旦巡航控制系统开启，节气门就被“锁定”，汽车以一定的速度行驶。当车速降低时(如车在爬坡时)，巡航控制系统控制节气门的开度增大；反之，当车速增高时，节气门开度会相应减小，使汽车始终按设定的速度等速行驶。

电控真空控制式巡航系统如图 7.4 所示，根据设置的车速传感器，将车速信号输入电子控制装置，由电子控制装置发出控制信号控制真空系统。真空系统由真空调节器、节气门驱动伺服机构、车速控制开关和制动踏板上的真空解除开关等部分组成。

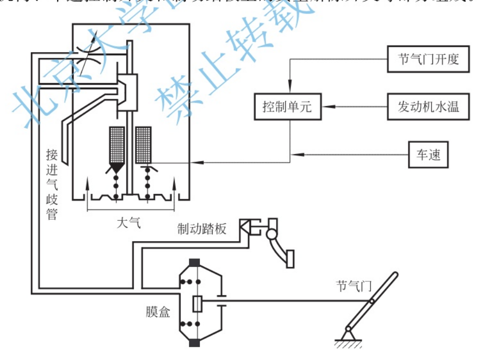


图 7.4　电控真空控制式巡航系统

根据控制装置上的输出信号，经电磁滑阀可调节控制进入该系统的新鲜空气量，从而控制伺服的真空度，其控制框图如图 7.5 所示。当车速低时，真空调节器供给的空气量减少，使伺服器内的真空度增加，通过膜片的移动，使节气门开度增大。反之，当车速高于控制车速时，真空调节器供给的空气量增加，降低伺服器内的真空度，使节气门开度减小。在正常

行驶时，在发动机进气管负压和真空调节器供给定量的空气的共同作用下，使伺服器内的真空度保持恒定，控制汽车按预定的速度稳定行驶。在真空系统工作时，如果驾驶员踩下制动踏板，首先使真空解除阀起作用，切断系统电源，电磁阀断电，真空调节器内部和大气相通，负压消失。在踏下制动踏板的同时，真空解除阀也使系统和大气相通。

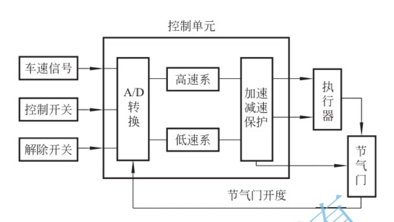


图 7.5　电控真空控制式巡航控制系统控制框图

2）真空系统

真空系统是巡航控制系统的执行机构，其工作示意图如图 7.6 所示。

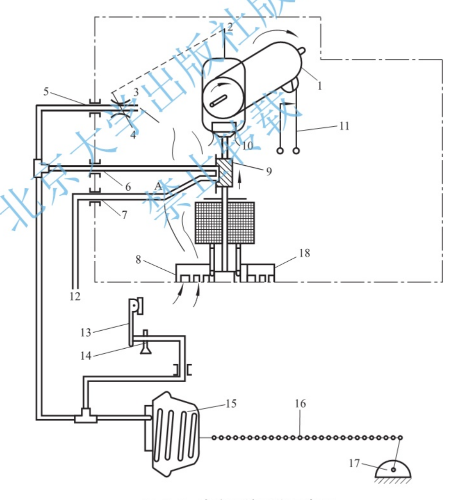


图 7.6　真空系统工作示意图

1—胶鼓离合器；2—胶鼓转角随车速增大而增大；3—进气调节装置；4—经滤清的空气；5—通气口 C；6—通气口 A；7—通气口 B；8—空气过滤器；9—真空阀；10—柱塞凸轮；11—下限速度开关；12—接进气歧管；13—制动踏板臂；14—真空解除阀；15—伺服机构；16—球链；17—节气门；18—真空调节器

(1) 当车速增加到 40km/h 后。随车速增加而转角增大的胶鼓 2 顺时针旋转(在胶鼓上的凸舌也顺时针旋转)，使下限速度开关闭合，为接通真空阀 9 上的线圈做准备。

(2) 将控制开关推至接合位置。当车速大于 40km/h 时，如果控制开关没有接合，真空阀 9 的线圈没有通电，电磁阀上的真空阀处于稍下面的位置，从发动机进气歧管管路 12 来的负压，只能达到通气口 B。当控制开关接合，电流通过真空阀 9 的线圈和下限速度开关 11，使真空阀上移。这时，真空负压通过管路 12、通气口 B、真空阀 9 上碟状阀和通气口 A 作用于伺服机构 15 和制动踏板上的真空解除阀 14 上。伺服机构 15 将传来的负压变成位移量，通过球链 16 使节气门 17 开启到相应的角度而稳定，从而使进气量恒定，车辆以稳定的速度前进。

(3) 车速的稳定。车速自动控制系统工作的时候，由于真空阀 9 的线圈通电，真空阀上移同时柱塞凸轮 10 也上移，U 形夹端部回缩，弹簧夹住胶鼓，即胶鼓离合器随车速的变化而转动，带动进气调节装置 3，使通过空气过滤器 8，进入调节装置 3 而达到通气口 C 的空气量发生相应变化。此时，伺服机构 15 中的真空负压要发生变化，从而改变节气门的开度，使车速相对稳定。

(4) 巡航系统停止工作。将控制开关推至解除位置时，真空阀 9 的线圈断电，真空阀下移切断通气口 B，柱塞凸轮下移使胶鼓离合器 1 分离。通气口 B 被切断，使伺服机构内的负压消失，失去对节气门的控制作用。胶鼓离合器 1 的分离，使进气调节装置 3 失去作用。驾驶员踩下制动踏板制动时，制动踏板臂 13 随之转动，从而开启真空解除阀 14，也使伺服机构的负压消失。制动的同时，真空阀 9 的线圈也断电保证巡航控制系统停止工作。

3) 真空调节器

真空调节器在真空系统中是一个核心部件。它可以分成真空阀、胶鼓离合器、进气调节装置、下限车速开关和磁感应式车速传感器等几个部分。

当驾驶员使系统接合时，真空阀动作而接通进气歧管，胶鼓离合器结合使进气阀调节装置工作，从而控制调整作用于伺服机构的真空负压值，控制节气门位置，保证车辆恒速行驶。

在真空调节器中装有磁感应式车速传感器，它由来自变速器的软轴驱动，并以 1∶1 的传动比接入车速表软轴。

4) 胶鼓离合器和进气调节装置

胶鼓的轴和车速传感器的轴是联接在一起的，胶鼓又和进气调节装置中的滑阀接触，胶鼓上还有一个 U 形弹簧夹。胶鼓的表面有一个凸舌，能使一对触点在车速较低时保持开启。当车速达到 40km/h 时，胶鼓被从动盘驱动的凸舌以转过一定角度，一个有弹簧加载的触点才能和另一个触点接触闭合。这对触点和真空阀线圈串联，故车速在 40km/h 以下时，真空调节器不工作，该触点即下限速度开关。

胶鼓和 U 形弹簧夹组成的胶鼓离合器的离合，起到控制进气调节装置的作用。在真空阀线圈不通电时，柱塞凸轮(上部为圆柱体，下部为锥体)使 U 形夹下端张开，U 形夹和胶鼓脱离，即离合器处于分离状态。在真空阀线圈通电后，柱塞凸轮向上移动，使弹簧夹端部回缩，弹簧夹住胶鼓，即离合器处于接合状态。此时，只要车速变化，胶鼓就会随从动盘转动，又因摩擦力的作用而使弹簧夹移动，如同车速表使指针

摆一样。弹簧夹的顶部和一个滑阀连接，滑阀套在一根气管上，气管上有多个通气口，气管末端用胶塞密封。当真空阀在选定车速通电后，如果车速发生变化，滑阀就随胶鼓的转动而在气管上滑动，使通气口开度发生变化。由于胶鼓转动的方向不同，滑阀使通气口开度加大或缩小的变化也不相同。当车速超过预定车速时，滑阀使进气量增加，更多的空气由电磁阀下端经过过滤器再通过通气口进入气管，使伺服机构的真空度下降，从而使节气门的开度减小，发动机功率下降。反之，车速低于预定车速时，滑阀使进气量减小，伺服机构真空度提高，通过对节气门的调节使发动机功率增加。当真空阀线圈电流中断时，胶鼓离合器处于分离状态，滑阀不再起进气调节的作用，即进气调节装置停止工作。

5）分离开关和真空解除阀

分离开关和真空解除阀均装于制动踏板支架上。分离开关实质是一个触点开关，当触点被压进去时(制动踏板放松状态)，开关处于断开状态，此时真空阀线圈电路被切断，巡航控制系统停止工作。

真空解除阀是一个单向的空气阀，当踏下制动板时，单向空气阀开启，空气通过此阀进入管路，使伺服机构真空负压消失，停止对节气门的控制。相反，伺服机构真空负压控制节气门，使巡航系统正常工作。

6）控制电路

电控真空控制巡航控制系统的控制电路如图 7.7 所示。

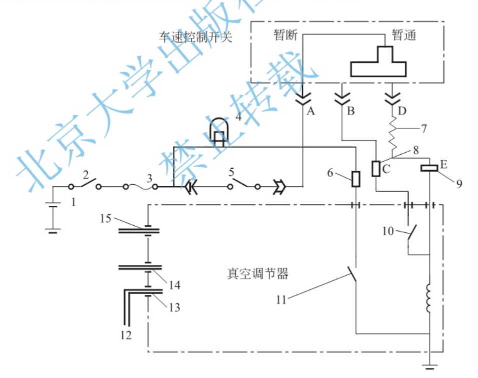


图 7.7　电控真空控制巡航控制系统的控制电路图

1—蓄电池；2—点火开关；3—熔断丝；4—指示灯；5—制动分离开关；6—指示灯接线柱；7—Ω 电阻；8—接合接线柱；9—保持接线柱；10—下限速度开关；11—指示开关(真空阀线圈没通电状态)；12—接进气歧管；13—通气口 B；14—通气口 A；15—通气口 C

(1) 当车速低于 40km/h 时，胶鼓的转动还不能使下限速度开关 10 闭合；而车速超过 40km/h 时，胶鼓上的凸舌使下限速度开关闭合，为电流进入真空阀线圈做好准备。

（2）当巡航控制系统没有工作，控制开关处于保持位置时，电流从蓄电池正极流过点火开关 2、熔断丝 3、制动分离开关 5 和控制开关到达 D 点，然后再经过 40Ω 电阻 7 和保持接线柱 9 到达真空阀线圈。由于电阻的作用，使经过线圈的电流不够大，因此，真空调节器不能工作。

（3）驾驶员将控制开关置于接合位置时，电流由蓄电池正极经点火开关 2、熔断丝 3、制动分离开关 5 和控制开关到达 B 点，然后再经过接合接线柱 8 和下限速度开关 10 到达真空阀线圈。此时，真空阀动作。在真空调节器工作的同时，真空阀中的柱塞移动还接通了车速控制指示灯回路的指示灯开关 11，电流通过指示灯 4、指示灯接柱 6 和指示灯开关 11 至接地。指示灯亮，说明巡航控制系统开始工作。

（4）巡航控制系统开始工作，驾驶员松开控制开关，此时，电流又经过 40Ω 电阻 7 进入真空阀线圈。由于柱塞已被吸入，电流的减小并不影响真空阀的正常工作，即较小的电流仍能使柱塞保持在吸入位置。

（5）当驾驶员将控制开关置于解除位置时，电流通过点火开关 2、熔断丝 3 和制动分离开关 5，只能到达 A 点，而不能到达 B 点和 C 点。此时，真空阀线圈断电，真空调节器停止工作，整个巡航控制系统退出工作状态。

（6）当驾驶员踩下制动踏板时，首先制动分离开关 5 断开，真空阀线圈的电路被切断，真空调节器停止工作；其次，真空解除阀的工作使管路中的负压消失，伺服机构对节气门的控制作用解除，整个巡航控制系统停止工作。

7.1.2　巡航控制系统的故障诊断

以下以丰田凌志轿车的巡航控制系统为例介绍其故障诊断方法。由于基本原理类似，因此对于其他类型的汽车，参考其使用说明书和维修手册，即可触类旁通。

1. 巡航控制系统的自诊断

巡航控制系统出现故障时，电子控制器除自动中断巡航控制外，指示灯会闪烁 5 次，控制器自动储存故障码。

（1）系统故障。短接故障码检测连接器（TDCL）的端子 T_C 和 T_1，根据仪表板上的“CRUISE MAIN”指示灯的闪烁情况即可读取故障码。指示灯首先闪烁故障码的十位数，指示灯通、断电间隔 0.5s；显示完十位数后，再断电 1.5s，显示故障码个位数，显示时通、断电间隔与十位数相同。若系统有多个故障码，则按故障码由小到大的顺序显示，相邻故障代码之间的时间间隔为 2.5s。凌志轿车巡航控制系统故障码见表 7－1。

表 7－1　凌志轿车巡航控制系统故障码

故障代码	故 障 部 位	故障代码	故 障 部 位
11	驱动电动机或安全离合器电路不正常	23	实际车速低于设定车速 16km/h
12	安全离合器电路不正常	31	控制开关电路不正常
13	驱动电动机或位置传感器不正常	32	控制开关电路不正常
21	转速传感器不正常	34	控制开关电路不正常

（2）信号输入装置故障。信号输入装置包括主开关、制动灯开关、驻车制动开关、离合器开关、空挡起动开关和车速传感器等，其工作状况和连接情况关系到信号是否正常。如表 7－2 为凌志轿车巡航控制系统信号输入部分的检查及故障码。

表 7－2　凌志轿车巡航控制系统信号输入部分的检查及故障码

序号	操 作 方 法	故障代码	故 障 部 位
1	将 CANCEL 开关转到“ON”	1	CANEL 电路正常
2	将 SET/COAST 开关转到“ON”	2	SET/COAST 电路正常
3	将 RES/ACC 开关转到“ON”	3	RES/ACC 电路正常
4	踩下制动踏板，将制动灯开关置“ON”	6	停车灯开关电路正常
5	拉紧驻车制动，使其开关位置“ON”	7	驻车制动开关电路正常
6	将变速器置空挡，使其开关置“ON”	8	空挡起动开关电路
7	以高于 40km/h 的速度行驶	闪烁	车速传感器正常
8	以低于 40km/h 的速度行驶	保持亮	车速传感器正常

具体部位的故障码为一位数，指示灯闪烁方式也不同，通常为连续闪烁，通、断时间间隔为 0.5s，断电 1s 后第二次显示相同的故障码。若有两个以上的故障码出现时，只显示最小的代码。

（3）信号消除部分的故障。诊断信号消除部分可确定巡航控制系统的自动或人为取消过程中发出及传输的信号是否正常。

诊断时，首先接通点火开关，将主开关置于关闭位置并保持操作手柄位于 CANCEL 位置，然后按下主开关，根据指示灯(CRUISE MAIN)的闪烁情况读取故障码。诊断结束后，关闭主开关。信号输出部分的故障码见表 7－3。

表 7－3　信号输出部分的故障码

故障码	故　障　诊　断	故障码	故　障　诊　断
1	出现除故障码 23 以外的故障	5	接收到空挡起动开关信号
2	出现故障码为 23 的故障	6	接收到驻车制动开关信号
3	接收到 CANCEL 的开关信号	7	车速传感器的信号降到 40km/h 以下
4	接收到停车灯开关信号	保持亮	除上述以外的故障(如电源脱开等)

2. 巡航控制系统的故障诊断

对巡航控制系统进行故障诊断时，在完成读取系统的故障码、读出信号输出和输入部分的故障码后，经过综合对比分析、初步判断，就可进入到故障检修阶段。如表 7－4 所示为故障检测优先顺序，数字小的应优先检查诊断。更换电子控制器的步骤，应放在最后。

（1）显示故障码 11 或 12 时的故障诊断。当指示灯显示故障码 11 时，其故障原因可能是驱动电动机或电磁离合器的电流过大；当显示故障码 12 时，其故障原因可能为电磁离合器电路断路。

表 7-4　巡航控制系统故障检测优先顺序

现象 \ 可能部位		驱动电动机	安全电磁离合器	位置传感器电路	车速传感器	控制开关传感器	执行器控制拉索	巡航控制 ECU
巡航控制“运行”故障或“消除”故障	11	1	2					3
	12		1					2
	13	2						3
	21				1			2
	23	3			2		1	4
	31					1		2
	32					1		2
	34					1		2

① 驱动电动机电路的检查。驱动电动机电路包括驱动电动机、节气门位置传感器及连接线路等。驱动电动机电路电流过大的原因有控制器提供给电动机的电源电压高且不能调节、电动机短路等。

检查驱动电动机电路时，应首先脱开电动机与控制器间的连接器；把蓄电池正极与连接器端子“5”连接，负极与连接器端子“4”连接，使电磁离合器通电；若把蓄电池电压加在其余的每对端子间，电动机应转动，控制臂应摆动且摆动平稳；当控制臂摆动到加速或减速的限位点时，电动机、控制臂应停止相应运动。驱动电动机电路检查线路如图 7.8 所示。

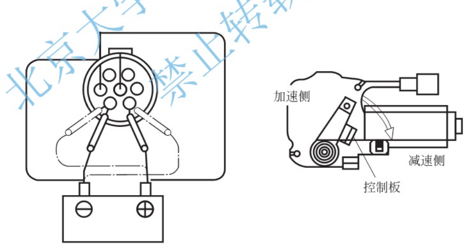


图 7.8　驱动电动机电路的检查线路

② 电磁离合器电路的检查。检查电磁离合器电路时，应脱开电子控制器的连接器；用万用表测量连接器接线端子“3”与车身之间的电阻时，若测量值约为 40Ω，则说明电磁离合器线圈正常；在电磁离合器断电时，控制臂应能用手转动，而当电磁离合器通电时，则不能用手转动；踩下制动踏板时，连接器端子“1”和“3”之间应能导通(阻值小)，而抬起制动踏板时，端子“2”和“4”之间应导通。

(2) 显示故障码 13 时的故障诊断。当指示灯显示故障码 13 时，故障部位可能在位置传感器电路或驱动电动机电路。

位置传感器的故障原因有线路连接接触不良、传感器损坏等。

对位置传感器进行检查时，应在脱开电子控制器的情况下，接通点火开关，慢慢转动节气门控制臂，并用万用表测量位置传感器的中间滑动端与电子控制器搭铁间的电压。控制臂使节气门开度最大时，电压约为 42V；控制臂使节气门开度最小时，电压约为 11V；控制臂转动时，电压变化应连续平稳。

也可通过测量中间滑动端与中央控制器搭铁间的电阻检查位置传感器的技术状况。在脱开电子控制器的情况下，慢慢转动节气门控制臂。节气门开度最大时，其电阻值约为 18Ω；节气门开度最小时，其电阻值约为 530Ω；控制臂转动时，电阻值的变化应连续平稳。

驱动电动机电路的检查方法见(1)。

(3) 显示故障码 21 时的故障诊断。当指示灯显示故障码 21 时，故障部位可能在车速的信号电路，包括：车速传感器、组合仪表板、仪表板与车速传感器和电子控制器间的配线等。

车速信号电路是否存在故障应通过对车速信号的检查来判断。若打开巡航控制系统，当车速高于 40km/h 时，巡航控制指示灯闪烁，而当车速低于 40km/h 时，指示灯保持常亮，则说明车速信号正常；否则，说明出现故障，应检查配线和仪表板等连接是否可靠。

(4) 显示故障码 23 时的故障诊断。当指示灯显示故障码 23 时，故障部位可能在执行器控制拉索、车速传感器或驱动电动机电路。控制拉索与节气门的接头安装应正确，拉索与节气门的动作应平衡，其松紧度应适中，过松会使汽车上坡的车速损失过大，过紧则会使发动机的怠速增高。

车速传感器和驱动电动机电路的检查分别见(3)和(1)。

(5) 显示故障码 31、32、34 时的故障诊断。当指示灯显示故障码 31、32、34 时，表明巡航控制系统的控制开关电路存在故障。显示故障码 31 时，故障原因为“RES/ACC”开关一直给电子控制器输入信号；显示故障码 32 时，一般说明控制开关内部短路；显示故障码 34 时，一般为“SEF/COAST”、“RES/ACC”开关同时输入信号。

对各控制开关的信号进行检查时，分别接通“SET/COAST”、“RES/ACC”和“CANCEL”开关，同时观察仪表板上巡航控制指示灯的闪烁，其正常闪烁形式见表 7－5。

表 7－5　指示灯的正常闪烁形式

开关接通状态	指示灯的闪烁形式	备　注
CANCEL(取消)开关	亮 灭	当每一开关接通时，指示灯应如表内方式闪烁；当开关断开后，停止闪烁，表示开关与电控单元联系正常
SET/COAST(设定)开关	亮 灭	
RESUME/ACC(恢复)开关	亮 灭	

也可以通过测试控制开关电阻检测其技术状况。控制开关内有 3 个不同阻值的电阻。检测时，拆下转向盘中心衬垫，脱开控制开关连接器，在控制开关接通时，用万用表测量连接器端子“3”和“4”之间的电阻值。开关正常时，各个电阻值见表 7-6。

表 7-6　电阻值

<table>
<tr><th>开关位置</th><th>电阻值</th><th>备　注</th></tr>
<tr><td>各开关均断开</td><td>无穷大</td><td rowspan="4">各个开关分别接通时，测量端子“3”和“4”之间的电阻值，电阻值如表内数据时，开关为良好，否则开关电路有故障</td></tr>
<tr><td>RES/ACC(恢复)通</td><td>约 70Ω</td></tr>
<tr><td>SET/COAST(设定)通</td><td>约 200Ω</td></tr>
<tr><td>CANCEL(取消)通</td><td>约 420Ω</td></tr>
</table>

(6) 制动灯开关电路的检查。在巡航控制系统起作用时，若踩下制动踏板，应给电子控制器输入取消巡航控制状态的信号，断开电磁离合器的电流，取消巡航控制。

制动灯开关的信号检查过程中，踩下制动踏板时，观察仪表板上巡航控制指示灯的闪烁形式。制动灯开关电路与电子控制器连接正常时，巡航指示灯应闪烁 6 次；否则说明出现故障，应对制动灯电路与电子控制器配线和连接器接触是否可靠进行检查。

7.2　汽车安全气囊系统故障诊断

7.2.1　汽车安全气囊系统的基本原理

电子控制安全气囊系统主要由传感器、气体发生器、气囊和电子控制单元(ECU)组成。当汽车受到前方一定角度范围内的高速碰撞，并超过某一设定强度时，安装在汽车前端的碰撞传感器和与 SRS 控制装置装在一起的防护传感器就会检测到汽车突然减速的信号，并将信号传送到 SRS 控制装置的 ECU，其 ECU 则根据预先设置的程序进行数学和逻辑判断后，立即向气体发生器发出点火指令，起动充气装置，使气囊迅速充气膨胀，在人体与车内构件之间铺垫一个气垫，将人体与车内构件之间的碰撞转化为弹性碰撞，并通过气囊产生的变形来吸收人体碰撞产生的动能，从而使驾驶员及前排乘员免遭严重伤害。典型的安全气囊工作原理如图 7.9 所示。

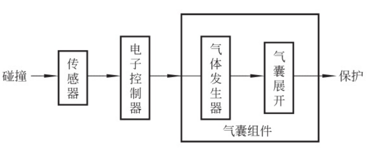


图 7.9　安全气囊工作原理图

1. 安全气囊系统的主要传感器

汽车安全气囊系统(电子式)主要由传感器、电子控制单元(ECU)、气囊组件和报警与诊断系统组成。

在汽车安全气囊系统中的传感器有碰撞传感器和安全传感器两种。碰撞传感器是一种闭合电器电路的装置，当探测到车辆受到碰撞达到规定强度时，碰撞传感器迅速闭合各电器的电路，由这一开关信号识别发生碰撞后的突然减速，并把此信息送入控制单元 ECU。

从结构上区分，碰撞传感器有质量惯性开关式、半导体应变片式和磁体质量惯性式等。质量惯性碰撞传感器(也称作前方传感器)被装于汽车保险杠后与挡泥板之间，用来感测低速冲撞时的信号，常见的结构为偏心锤式机械传感器。该传感器装在一个密封的防振保护盒内，其结构如图 7.10 所示。

汽车正常行驶时，阻力弹簧将动触头定在止点位置，传感器没有触发信号输出。当汽车碰撞时，在减速度和重锤质量形式的惯性力作用下，转盘克服弹簧阻力带动动触头转动，使动、静触头结合。向控制单元 ECU 发出接通触发信号，同时安全传感器也接通并将信号送入 ECU，于是 ECU 发出引爆安全带预紧器和安全气囊电雷管的指令。

中央传感器的结构是一个半导体压力传感器，其结构如图 7.11 所示。半导体应变片两端被悬臂架压住，当汽车发生碰撞时，半导体应变片在悬臂惯性力作用下发生弯曲应变，受压后的电阻产生变化。电阻的变化引起动态应变仪的输出电压变化。汽车的速度越大，碰撞后产生的减速度越大，传感器输出的电压也就越大。

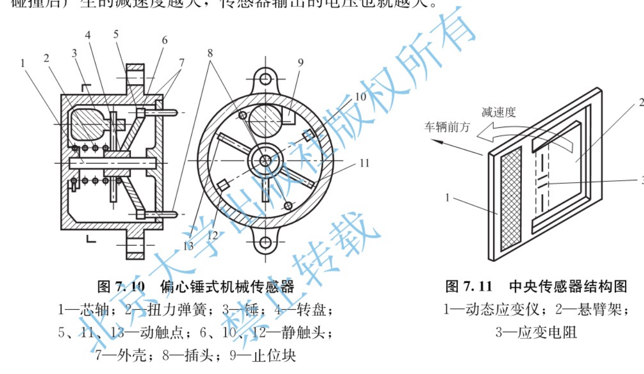


图 7.10　偏心锤式机械传感器

1—芯轴；2—扭力弹簧；3—锤；4—转盘；
5、11、13—动触点；6、10、12—静触头；
7—外壳；8—插头；9—止位块

图 7.11　中央传感器结构图

1—动态应变仪；2—悬臂架；
3—应变电阻

在安全气囊系统上，除装有前方传感器、中央传感器之外，还设立了两个安全传感器，用来防止系统在非碰撞状况引起气囊的误动作。多装于 ECU 内，是一种水银常开开关，如图 7.12 所示，当汽车发生碰撞时，足够大的减速度惯性力将水银抛起，接通电雷管电路，设计时可根据低速和高速碰撞的临界速度计算两种减速度，然后再计算出两个安全传感器安装角 α(水银运动方向与水平线夹角)，即有

$$\cos\alpha=\frac{g}{a} \tag{7-1}$$

式中，α——为碰撞减速度；

g——为重力加速度。

2. 气囊系统的气囊组件

气囊组件位于驾驶员座位的方向盘中和驾驶员侧面乘员前面的仪表上，其结构如图 7.13所示，气囊折叠在气囊盒中，材料为尼龙绵织布；内层涂聚氯丁二烯，气囊缓冲保护盖采用轻度发泡的聚氨酯塑料薄板制成。

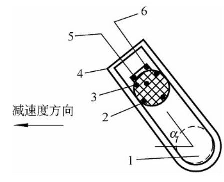


图 7.12　安全传感器

1—水银(正常位置)；2—水银(碰撞位置)；
3—触头；4—外壳；5—接电源；6—接电雷管

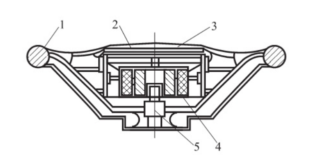


图 7.13　方向盘气囊装置

1—方向盘；2—气囊；3—缓冲型；
4—充气泵；5—传感器

在有效时间内气囊张开的任务是由气体发生器完成的。大多数气体发生器(也称作充气泵)都是采用热效反应法产生氮气而充入气囊里的。当点火器(电雷管)获得电能经点火剂点燃气体发生剂(迭氮化钠药粉)后，生成的氮气经过滤器快速扩散到气囊内，气囊冲破方向盘中央的缓冲盖板迅速充气，达到在碰撞中保护人身安全的作用。在美国式气囊上，驾驶员一侧用药 160g，乘员一侧用药 450g。点火器也称做电雷管，是安全气囊的一部分，安装在气体发生器内，其结构如图 7.14 所示。可接受电子控制单元的低电流点火信号引爆点火剂，点火器内装一个 2Ω 电阻，点火器接点电阻为 0.8Ω，电子控制单元通过这一电阻调节电路的电流。在检测时应注意不可用模拟式万用表测量电路故障，否则气囊会膨胀。

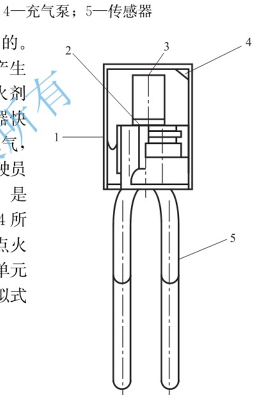


图 7.14　点火器

1—壳体；2—电桥导线；
3—点火剂出口；4—点火剂
固定器；5—接线柱

3. 安全气囊系统使用注意事项

安全气囊系统使用注意事项如下。

(1) 安全气囊系统属于辅助性安全装置，应配合安全带使用。

(2) 安全气囊系统不得带病运行，否则会造成误触发或不工作，误触发可能会对乘员造成意外伤害，甚至导致事故。

(3) 安全气囊组件采用原厂包装，用货仓装运，不得与其他危险品一起运输。保存时要严格按规定执行，其组件与 ECU 要避免受到磕碰和振动，切忌使组件受到 85℃以上高温。

(4) 在方向盘和乘客侧气囊部位不可粘贴任何饰物或胶条。

7.2.2　安全气囊系统的故障诊断

安全气囊系统在汽车运行时，应时刻处于无故障的正常状态，其工作必须可靠、有效。为此，在 SRS 控制装置中专门设计有自诊断系统；而在 SRS 电路中，还设计有相应的检测机构。安全气囊系统一旦发生故障，自诊断系统能对其进行诊断，并控制仪表盘上的 SRS 指示灯点亮以警示驾驶员安全气囊系统发生了故障，同时将故障信息以故障码形式存入 SRS 控制装置的存储器中。

1. 安全气囊系统检测须注意事项

安全气囊系统检测须注意以下事项。

(1) 首先记录下音响系统的设置内容和密码，以便在维修结束后重新设置。气囊系统安装完成后，切忌用万用表测量引发器的电阻，以防气囊误爆。

(2) 对安全气囊系统进行任何作业时均需将点火开关转至“LOCK”位置，拆下蓄电池负极电缆 30s 以上，等待 ECU 中的电容完全放电后再进行，以免造成气囊误爆。

(3) 在拆卸安全气囊时，应将缓冲垫软面朝上，上面不可叠置物品，气囊存放的环境温度不可高于 93℃，湿度也不可过高。

(4) 不允许对 ECU 控制模块进行敲击、跌落、振动或酸、碱、油、水的侵蚀，如发现有凹陷、裂纹、变形或生锈，要更换新件，控制模块在安装时一定要注意安装方向与模块上标定的方向一致。

(5) 决不允许使用其他型号车辆的安全气囊零件进行更换，决不允许重新使用分解、修理过的安全气囊及方向盘衬垫。

(6) 对于在组合开关内的螺旋电缆，要使之处于中间位置，否则会引起电缆脱落或其他故障。

2. 安全气囊系统的故障诊断方法

安全气囊系统常见的故障诊断方法有 3 种，即警告灯诊断法(自诊断)、参数测量法和仪器诊断法。

(1) 警告灯诊断法。现代轿车一般都配备有自诊断系统，通过对自诊断接口进行相应的操作，即可通过仪表板上的安全气囊(或 AIR BAG)警告灯读取故障码。

(2) 参数测量法。部分轿车的安全气囊系统配有供故障诊断用的测试接口，在进行故障诊断时，需测出各接口之间的电压，与手册中的正常电压进行对比，即可找出故障原因。

(3) 仪器诊断法。故障警告灯闪烁表明系统产生故障，连接相应诊断仪器提取故障代码，然后根据故障代码的提示进行相应的故障排除。

3. 安全气囊系统诊断后的电气检查程序

用一只 12 V 的小灯泡代替气囊接入电路，在下列情况下小灯泡均不闪亮为正常。

(1) 接通点火开关。

(2) 起动发动机。

(3) 汽车行驶至车速超过 80km/h 时，紧急制动。

(4) 在崎岖的道路上行驶，或高速驶过常见障碍(可在路面设置砖头等)。

在检测电子控制安全气囊系统时(SRS)时，如果不按正确顺序进行操作，可能会使 SRS 系统在检测过程中意外地张开而造成严重事故。另外，如果操作有误，就有可能在需要安全气囊保护时它却不起作用。对 SRS 进行检测与诊断时，应遵照合理的程序。

4. 电子控制安全气囊系统检测与诊断注意事项

电子控制安全气囊系统检测与诊断有以下注意事项。

(1) SRS 的故障征兆难以确诊，故障代码就成为检测与诊断最重要的信息来源。为此，在检测与诊断 SRS 故障时，脱开蓄电池之前，务必要先检查 SRS 系统的故障代码。

(2) SRS 检测与诊断工作务必在将点火开关转到“OFF”位置并从蓄电池负极(一)端子拆下搭铁线 20s 或更长时间之后才能开始。SRS 系统配有备用电源，以备在碰撞过程中由于冲击而使 SRS 失电，仍然能使安全气囊点爆(至少在 150ms 内有效)。

(3) 即使只发生轻微碰撞而安全气囊并未张开，在故障检测与诊断中，也应对前碰撞传感器和转向盘衬垫进行检查。

(4) 在故障检测与诊断中，如有可能对碰撞传感器产生冲击，那么在检测与诊断之前应将碰撞传感器拆下。

(5) 应使用高阻抗(≥10kΩ/V)的数字式万用表来诊断 SRS 电子控制系统的故障。

(6) SRS 检测与诊断工作完成之后，应进行安全气囊故障指示灯(SRS 故障指示灯)的检查。

5. 电子控制安全气囊系统故障检测与诊断

电子控制安全气囊系统故障检测与诊断可按如图 7.15 所示的流程图进行(以丰田系列汽车 SRS 为例)，可以采用自我诊断或电脑故障诊断方法进行。

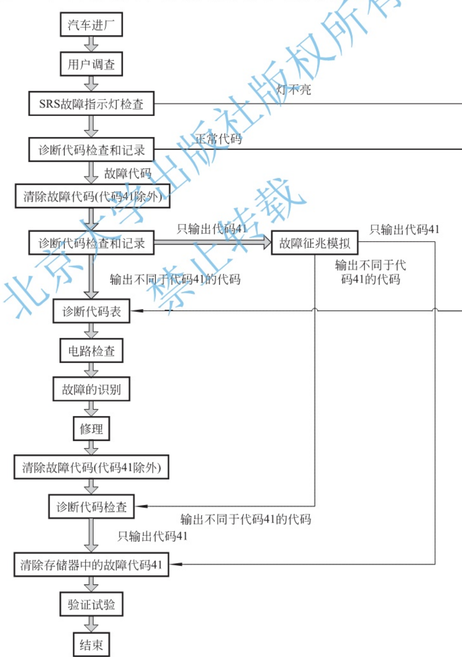


图 7.15　SRS 故障检测与诊断流程图

(1) 安全气囊警告灯的检查。位于组合仪表上的警告灯，当中央安全气囊 ECU 检测到某一故障时，就会发出故障警告。在正常情况下，当点火开关转到 ACC 或 ON 位置时，警告灯会亮 6s，然后熄灭。

(2) 诊断代码的检查。将点火开关转到 ACC 或 ON 位置，等待 20s，然后将跨接线跨接在 TDCL 检测插头 T_C 和 E_1 两端之间，由 SRS 警告灯闪烁次数来读取两位数显示故障码。

(3) 消除故障代码。用跨接线连接检测插头 TDCL 的 T_C 和 AB 端子，点火开关转到 ACC 或 ON 位置，等待 6s，由 T_C 开始，使 T_C 和 AB 分别交替搭铁两次，每次搭铁 1.0±0.5s，最后保持 T_C 搭铁，几秒钟后，SRS 警告灯会以每秒 2 次的频率闪烁，所有故障码已清除。

对于 SRS 的故障，检测与诊断方法因车系不同而不尽相同。下面以凌志 LS400 轿车电子控制安全气囊系统为例说明其故障的检测与诊断方法。如图 7.16 所示为 LS400 轿车电子控制安全气囊系统的电路图，其碰撞传感器有左前、右前安全气囊传感器和中央安全气囊传感器。

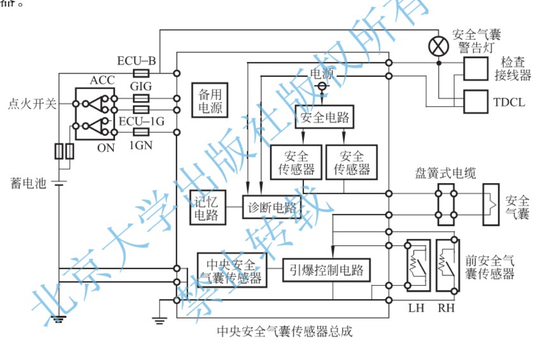


图 7.16　LS400 轿车电子控制安全气囊的电路图

1) 利用 SRS 指示灯进行初步诊断

安全气囊系统是否正常，利用 SRS 指示灯进行初步诊断效果较好。其诊断方法如下。

(1) 若点火开关转至 ON 位置后，SRS 指示灯点亮，并在 6s 后自动熄灭，则表示安全气囊系统正常。

(2) 若点火开关转至 ON 位置后，SRS 指示灯一直不亮，则说明 SRS 指示灯系统电路有故障。

(3) 若点火开关转至 ON 位置后，SRS 指示灯点亮后不熄灭，或将点火开关转至 OFF 位置时 SRS 指示灯仍然亮起，则说明 SRS 指示灯系统电路有短路故障。

(4) 若点火开关转至 ON 位置后，SRS 指示灯一直点亮或闪烁，或发动机起动后汽车正常行驶时 SRS 指示灯亮起，则表示安全气囊系统存在故障。

2) 利用故障码诊断

安全气囊系统的故障是比较难以确诊的，在进行故障诊断时，故障码就成了最重要的

信息来源。利用故障码诊断就是通过一定的方法读取故障码，然后根据故障码表内容诊断SRS故障。在进行操作时，首先应使系统进入自诊断状态，然后读取故障码，待故障排除后，还应将存储器内的故障码进行清除。

(1) 读取故障码。

① 将点火开关转到ON或ACC位置，并等待20s以上时间。

② 用跨接线短接TDCL插座 T_C 端子和 E_1 端子，如图7.17(a)所示。

③ 根据仪表板上SRS指示灯的闪烁情况读取故障码。当SRS正常时，仪表板上的SRS指示灯每秒闪两次，并连续闪烁，如图7.17(b)所示。当SRS有故障时，SRS指示灯会闪烁显示故障码，其故障码为两位数字，SRS指示灯先显示十位数字，后显示个位数字，十位数字与个位数字之间的间隔为1.5s。若有多个故障码，则两个故障码之间的间隔为2.5s，SRS指示灯将按从小到大的顺序依次显示故障码，全部输出后，间隔4s再重复显示，如图7.17(c)所示。

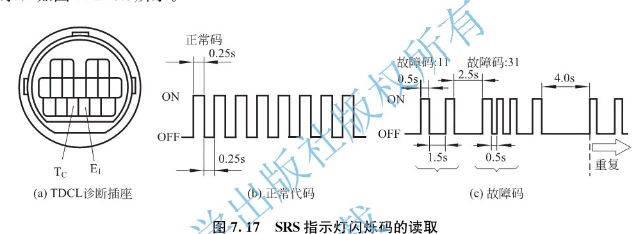


图7.17　SRS指示灯闪烁码的读取

④ 故障码读取完毕后，脱开 T_C 端子和 E_1 端子之间的跨接线。

读取故障码应注意如下问题。

a. 当SRS指示灯线路断路时，SRS指示灯无法显示任何故障码。只有排除该断路故障后，才能读取故障码。

b. 若SRS指示灯显示的故障码为SRS故障码表以外的故障码，则说明SRS ECU有故障。

c. 当点火开关转到ON或ACC位置后，若SRS指示灯一直亮，而读取故障码时，诊断系统又输出正常代码，则意味着电源电压下降。当电源电压恢复正常后约10s，SRS指示灯将会自动熄灭。

(2) 根据故障码诊断故障。

读取故障码后，可根据表7-7中的故障码诊断故障。

表7-7　凌志LS400轿车SRS故障码

故　障　码	故障诊断	故障可能部位
正常代码	SRS正常	
	SRS电源电压过低	蓄电池；SRS ECU
11	SRS点火器线路搭铁；前安全气囊传感器线路搭铁	前安全气囊传感器；SRS气囊组件；盘簧式电缆；SRS ECU

（续）

故　障　码	故 障 诊 断	故障可能部位
12	SRS 点火器引线与电源线短路；前安全气囊传感器引线与电源线短路；前安全气囊传感器引线断路；盘簧式电缆与电源线短路	SRS 气囊组件；传感器线路；SRS ECU；盘簧式电缆；配线
13	SRS 点火器线路短路	SRS 点火器；SRS ECU；盘簧式电缆；配线
14	SRS 点火器线路断路	SRS 点火器；SRS ECU；盘簧式电缆；配线
15	前安全气囊传感器线路断路	前安全气囊传感器；SRS ECU；配线
22	SRS 指示灯线路断路	SRS 指示灯；SRS ECU；配线
31	SRS ECU 故障	SRS ECU
41	SRS ECU 曾记忆过故障码	SRS ECU

（3）清除故障码。只有在 SRS ECU 存储器中的故障码全部清除之后，SRS 指示灯才能恢复正常的显示状态。当 SRS 故障排除后，应清除故障码。在该车安全气囊系统中，当故障码 11 至 31 所对应的故障被排除并清除故障码之后，SRS ECU 将把故障码 41 存入存储器中，SRS 指示灯将一直发亮，直到故障码 41 清除后，SRS 指示灯才能恢复正常显示状态。显然安全气囊系统故障码的清除应分两步进行，其方法如下。

① 清除 41 以外的故障码。

a. 将点火开关转到 OFF 位置。

b. 拆下蓄电池负极电缆或拔下 ECU－B 熔断器 10s 以上，则故障码 41 以外的故障码清除完毕。

c. 将点火开关转到 LOCK（锁止）位置，并接上蓄电池负极电缆或插上 ECU－B 熔断器。

② 清除故障码 41。

a. 将点火开关转到 OFF 位置，取两根跨接线，将其分别与 TDCL 诊断插座的 T_C、AB 端子连接。

b. 将点火开关转到 ON 或 ACC 位置，并等待 6s 以上。

c. 由 T_C 端子开始，使 T_C 和 AB 端子分别交替搭铁两次，如图 7.18 所示，每次搭铁要在 (1.0+0.5)s 内完成。

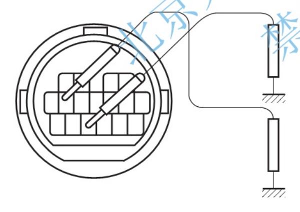


图 7.18　清除故障码 41

d. 最后保持 T_C 端子搭铁，几秒后故障码即被清除，SRS 指示灯将以连续的形式闪烁正常码。若不闪烁正常码，则需重复上述的清码步骤，直至闪烁正常码为止。

注意：在清除故障码时，其他存储系统（如时钟、防盗、音响系统）信息也将被清除。为此，待电源恢复后，其他存储系统的参数应重新设置。

6. 电子控制安全气囊系统维修注意事项

在检修过程中，若不了解安全气囊系统维修的注意事项，不遵循正确的操作程序和方

法，就有可能导致 SRS 安全气囊意外引爆，造成人身伤害或财产损失。另外，在检修安全气囊系统时，如果操作有误，就有可能在需要 SRS 安全气囊保护时，但其却不起作用。因此，在检修前应了解故障车安全气囊系统维修的注意事项，检修时应严格按操作规程进行。通常应重点注意如下事项。

(1) 在排除安全气囊系统故障、拆下蓄电池负极电缆端子之前，必须先读取故障码，以便准确诊断故障。

(2) SRS 检测工作之所以必须在点火开关转到 LOCK 位置，并将蓄电池负极电缆端子拆下 20s 或更长一段时间之后才能开始。这是因为 SRS 装有备用电源，如果检修工作在拆下蓄电池负极电缆端子 20s 之内就开始进行，则其备用电源有能力供电，检查时就有可能引爆气囊。

(3) 在检测过程中，如有可能对 SRS 传感器产生冲击，则应在检测工作开始之前，先将碰撞传感器拆下，以免引爆气囊。

(4) 即使只发生轻微碰撞而安全气囊并未张开，也应对 SRS 碰撞传感器、SRS 气囊组件进行检查。

(5) SRS 零、部件的工作可靠性要求极高，其所有的零、部件均为一次性使用部件，决不能修复使用。更换零、部件时，必须使用新品，并且不允许使用不同型号车辆上的零、部件。

(6) 绝对不能检测点火器的电阻，否则有可能导致气囊引爆。检测其他部件的电阻和检测 SRS 故障时，必须使用高阻抗(至少应大于 10kΩ)万用表，最好使用数字式万用表。否则可能会导致 SRS 电路的损坏或安全气囊意外引爆而造成人身伤害。

(7) 严禁拆解气囊，因为气囊内部没有任何可维修的部件，引爆后的气囊不能再次使用。

(8) 不要将 SRS 碰撞传感器、SRS ECU 放置在高温热源附近，应将其置于无灰尘、阴凉、干燥之处。

(9) 安装 SRS 前，应仔细检查其零、部件，若有不适当的装卸或摔落的迹象，比如：有凹痕、裂纹或变形等，就必须更换新件。

(10) 在 SRS 各个总成或零、部件的表面上，均标有说明标牌或注意事项，使用与检查时必须照章行事。

(11) 当 SRS 检修工作完成之后，必须对 SRS 指示灯进行检查。当点火开关转到 ON 或 ACC 位置时，SRS 指示灯亮 6s 左右后自动熄灭，说明 SRS 正常。

小　　结

汽车巡航控制系统和安全气囊系统工作原理、基本组成以及故障诊断等方面的知识，是从事汽车检测诊断技术工作者需要掌握的基础理论知识。

汽车巡航控制系统(又称恒速行驶系统或巡行控制系统)指利用电子技术对汽车行驶速度进行自动调节，从而实现以预先设定速度行驶的电子控制装置。汽车在一定条件下恒速行驶，可减轻驾驶员的疲劳强度，避免不必要的油门踏板人为变动，从而改善汽车的燃油经济性和排放性能。

巡航控制系统是一个典型的闭环控制系统。汽车巡航控制系统主要由车速传感器、节

气门位置传感器、控制开关、巡航控制电控单元(CCS ECU)和执行机构等部件组成。

安全气囊属于被动安全保护装置，可对汽车驾驶员及前排乘员起到辅助安全保护作用。它是坐椅安全带的辅助装置，只有在使用安全带的条件下，该系统才能充分发挥保护驾驶员和乘员的作用。

汽车安全气囊系统(电子式)主要由传感器、电子控制单元(ECU)、气囊组件和报警与诊断系统组成。

习　　题

1. 术语解释

7-1　汽车巡航控制系统　汽车安全气囊系统　气囊组件

7-2　车速传感器　巡航控制　电子式巡航控制系统

2. 填空题

7-3　汽车巡航控制系统(又称恒速行驶系统或巡行控制系统)指利用________对汽车行驶速度进行自动调节，从而实现以__________行驶的电子控制装置。

7-4　目前车用巡航控制系统大多分为两大类，一是________巡航控制系统，二是__________巡航控制系统。

7-5　巡航控制系统是一个典型的________控制系统。

7-6　电子控制器有两个输入信号，其一为驾驶员设定的__________信号，其二为__________信号。

7-7　车速传感器有________式、________式、________式、________式等多种类型。

7-8　安全气囊系统的故障难以确诊，一般有3种诊断方法，即________诊断法(自诊断)、________法和________诊断法。

7-9　汽车安全气囊系统(电子式)主要由________、________、________和________系统组成。

7-10　电控真空控制式巡航控制系统一般由________、________和________等组成。

3. 简答题

7-11　简述汽车巡航控制系统的基本工作原理。

7-12　简述汽车巡航控制系统的基本构成。

7-13　简述汽车安全气囊系统的基本工作原理。

7-14　简述汽车安全气囊系统的基本构成。

7-15　简述汽车安全气囊系统使用注意事项。

7-16　简述安全气囊系统的故障诊断方法有哪些。